



Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Memòria

Estudi del potencial de generació distribuïda en els sectors industrial i domèstic de la ciutat de Rubí

TFG presentat per obtenir el títol de GRAU en
ENGINYERIA DE L'ENERGIA
Per **Gerard Wyneken Gonzalez**

Barcelona, 8 de Juny de 2016

Director: Guillermo Velasco Quesada
Departament de ENGINYERIA ELECTRÒNICA (EEL)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

ÍNDEX MEMÒRIA

Índex memòria	3
índex figures.....	5
índex taules	6
Resum	7
Resumen.....	7
Abstract	7
Objectius i abast	8
Capítol 1: Introducció.....	9
Capítol 2: Estat Actual	11
2.1. Combustibles fòssils.....	16
2.1.1. Carbó	16
2.1.2. Petroli.....	17
2.1.3. Gas natural	19
2.2. Canvi climàtic	20
Capítol 3: Transició energètica	25
3.1. Renovables	26
3.1.1. Hidroelèctrica	27
3.1.2. Eòlica	27
3.1.3. Solar	28
Capítol 4: Generació distribuïda	31
4.1. Gestió energètica	32
4.1.1. Connexió a xarxa	33
4.1.2. Xarxes intel·ligents.....	33
4.1.3. autoconsum	33
4.2. Sistemes d'emmagatzematge.....	34
4.2.1. bateries	34
4.2.2. Hidrogen	34
4.2.3. Aire comprimit	34
4.2.4. hidràulica reversible	35
4.2.5. emmagatzematge tèrmic.....	35
4.3. Energia solar fotovoltaica	35
Capítol 5: Rubí.....	37

5.1. Consum elèctric	39
5.2. Radiació Solar	40
5.3. Definició dels panells.....	42
5.3.1. Potència nominal.....	43
5.3.2. Circuit obert	43
5.3.3. Curtcircuit	43
5.3.4. Punt de màxima potència	43
5.3.5. Característiques del model seleccionat	44
Capítol 6: Sector industrial	45
6.1. Estudi del potencial.....	46
Capítol 7: Sector domèstic.....	51
Capítol 8: Valoració econòmica.....	57
8.1. Sector industrial.....	57
8.2. Sector domèstic	59
Capítol 9: Conclusions	61
Capítol 10: Bibliografia.....	63
10.1. Referències bibliogràfiques.....	63
10.2. Bibliografia de Consulta	63

ÍNDEX FIGURES

Figura 1. <i>Històric de població mundial.</i>	12
Figura 2. <i>Consum històric d'energia primària.</i>	12
Figura 3. <i>Població mundial per zones geogràfiques.</i>	13
Figura 4. <i>Consum d'energia primària per zones geogràfiques.</i>	14
Figura 5. <i>Consum d'energia primària el 2014.</i>	14
Figura 6. <i>Consum d'energia primària per font.</i>	15
Figura 7. <i>Generació elèctrica mundial per font.</i>	15
Figura 8. <i>Preu del petroli.</i>	18
Figura 9. <i>Reserves estimades de petroli.</i>	18
Figura 10. <i>Concentració de CO₂ i temperatures.</i>	21
Figura 11. <i>Anomalies climàtiques.</i>	22
Figura 12. <i>Acidesa dels mars i concentració de CO₂.</i>	22
Figura 13. <i>Reserves i recursos energètics renovables.</i>	26
Figura 14. <i>Evolució potència eòlica instal·lada al món.</i>	28
Figura 15. <i>Sistemes de generació solar tèrmica.</i>	29
Figura 16. <i>Evolució potència fotovoltaica instal·lada al món.</i>	30
Figura 17. <i>Plànol de situació de Rubí.</i>	37
Figura 18. <i>Consum elèctric per sectors de Rubí l'any 2013.</i>	39
Figura 19. <i>Perfil de consum de diferents sectors.</i>	40
Figura 20. <i>Radiació solar a Europa.</i>	41
Figura 21. <i>Atles de radiació de Catalunya.</i>	41
Figura 22. <i>Representació de la radiació al llarg de l'any a Rubí.</i>	42
Figura 23. <i>Corbes característiques del model SLK60P6L.</i>	44
Figura 24. <i>Plànol de situació dels polígons a Rubí.</i>	45
Figura 25. <i>Perfil de consum d'una llar mitja de Rubí.</i>	52
Figura 26. <i>Representació del les hores solar pic.</i>	54
Figura 27. <i>Temps d'amortització per a diferents preus de l'energia.</i>	58

ÍNDEX TAULES

Taula 1. Dades consum elèctric per sectors de Rubí.....	39
Taula 2. Dades de la radiació al llarg de l'any a Rubí.....	42
Taula 3. Característiques del model SLK60P6L.	44
Taula 4. Nom, nº empreses i superfície dels PAE l'any 2014.	46
Taula 5. Potencial instal·lació FV per PAE.	47
Taula 6. Percentatge coberta consum elèctric total.	47
Taula 7. Percentatge coberta potència total.	47
Taula 8. Potència coberta per cada PAE.	48
Taula 9. Energia coberta per cada PAE.....	49
Taula 10. Resultats cobertura per cada PAE.....	49
Taula 11. Radiació incident per cada mes a Rubí.	52
Taula 12. Factor K per latitud 41° i inclinació 40°.	53
Taula 13. Energia incident per a un dia mig de cada mes.	53
Taula 14. Hores Solar Pic (HSP) per a cada mes.	54
Taula 15. Energia proporcionada per cada mòdul FV.....	54
Taula 16. Nombre de panells necessaris.	55
Taula 17. Característiques de la instal·lació.	55
Taula 18. Cost inversió sector industrial.....	57
Taula 19. Retor previst i temps d'amortització de la inversió.....	58
Taula 20. Estudi econòmic sector domèstic.	59

RESUM

Davant del problema de l'esgotament dels recursos fòssils, l'ajuntament de Rubí desenvolupa un projecte estratègic anomenat Rubí Brilla, que treballa per millorar l'eficiència energètica i impulsar l'ús d'energies renovables en tots els sectors de la ciutat.

En aquest projecte s'estudiarà quin és el potencial de generació distribuïda, mitjançant energia solar fotovoltaica, per als diferents polígons d'activitat econòmica i pel sector domèstic de Rubí.

RESUMEN

Ante el problema del agotamiento de los recursos fósiles, el ayuntamiento de Rubí ha desarrollado un proyecto estratégico llamado Rubí Brilla, que trabaja para mejorar la eficiencia energética e impulsar el uso de energías renovables en todos los sectores de la ciudad.

En este proyecto se estudiará cual es el potencial de generación distribuida, mediante energía solar fotovoltaica, para los diferentes polígonos de actividad económica y para el sector doméstico de Rubí.

ABSTRACT

Faced with the problem of depletion of fossil resources, the city of Rubí has developed a strategic project called Rubí Brilla, which works to improve energy efficiency and promote the use of renewable energy in all sectors of the city.

This project will study the potential of distributed generation, using solar photovoltaic energy, for different polygons of economic activity and the domestic sector in Rubí.

OBJECTIUS I ABAST

En el present projecte es pretén estudiar la viabilitat tècnica de l'auto abastiment de l'energia elèctrica consumida en els sectors industrial i domèstic de la ciutat de Rubí mitjançant energia solar fotovoltaica. Aquests càlculs es realitzaran dins del projecte estratègic de ciutat Rubí Brilla que treballa per la millora de la competitivitat del sector industrial de Rubí i que s'estén també al sector públic, del comerç i domèstic.

En els sector industrial, es vol calcular quin seria el percentatge aconseguit d'autoconsum per a cada polígon d'activitat econòmica si s'aprofités tota la superfície disponible a les cobertes de les naus industrials. Aquesta valoració es realitzarà mitjançant l'estudi del potencial solar realitzar per l'institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

Pel que fa al sector domèstic, s'estudiarà quina seria l'àrea del camp de captació necessària per produir l'energia elèctrica suficient com per abastir el consum d'aquest sector. També s'estudiarà la viabilitat de dur a terme aquesta instal·lació tenint en compte la superfície dels terrats disponible.

Tanmateix, es pretén indicar una estimació de la viabilitat econòmica d'aquestes instal·lacions així com les emissions de diòxid de carboni estalviades cada any.

Aquest projecte té com a objectiu obtenir una visió general del potencial de generació distribuïda en els sectors abans mencionats, per tal de poder realitzar projectes d'instal·lacions d'energia solar fotovoltaica en un futur.

CAPÍTOL 1:

INTRODUCCIÓ

La disminució del recursos energètics d'origen fòssil serà un dels reptes més grans del segle XXI. I és que l'increment de la població mundial a passos agegantats, amb la creixent demanda d'energia associada, fa augmentar la pressió sobre les reserves dels recursos energètics existent actualment. A més a més, l'ús d'aquestes fonts d'energia primària està causant danys irreparables a la biosfera i provocant canvis en el clima a escala planetària. La disminució de les reserves de les fonts d'energia fòssil també agreuja la dependència de les regions consumidores de recursos, principalment els països industrialitzats, dels països exportadors, provocant conflictes geopolítics per la lluita dels recursos energètics encara existents.

El model energètic actual, on l'energia cada vega serà més cara, farà créixer les desigualtats entre pobres i rics i causarà un empitjorament de la qualitat de vida d'aquells que no es poden permetre pagar les factures elèctriques per escalfar les seves llars. Per aquest i altres motius, la transició cap a un nou model energètic basat en l'eficiència energètica i les energies renovables de caràcter distribuït és imprescindible i necessària.

En els últims anys la instal·lació de generadors de fonts renovables a crescut de forma quasi exponencial, en gran part mitjançant la instal·lació de grans parcs d'energia eòlica, que segueixen, en part, el model de generació centralitzada. Per altre banda, l'energia solar fotovoltaica, la qual té un gran potencial en quant a generació distribuïda, no representa un gran percentatge dins de les fonts de generació elèctrica. Tot i això, els avenços tecnològics i l'abaratiment dels costos de producció d'aquestes tecnologies està facilitant un ràpid creixement en la instal·lació d'aquest tipus de fonts d'energia renovable. Arreu del món el nombre de projectes d'aquest tipus no para de créixer i la gran majoria dels governs veuen aquests com una oportunitat de créixer de forma sostenible, creant milers de llocs de treball i ajudant a complir amb els acords internacionals de reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle. A nivell municipal, els ajuntaments impulsen projectes de caràcter sostenible i redacten plans d'actuació per a la transició cap a un model energètic renovable, sostenible i més justs per a tots i

totes. Un exemple d'administració pública que aposta per la transició energètica és el municipi de Rubí, al Vallés Occidental.

Des de l'any 2008 Rubí forma part de la iniciativa europea Pacte d'Alcaldes. Des d'aleshores el municipi treballa activament per complir amb el compromís signat: incrementar un 20% l'ús d'energies renovables, augmentar un 20% l'eficiència energètica i reduir en un 20% les emissions de CO₂, tot això per abans de l'any 2020.

Per tal de complir amb aquest compromís, l'ajuntament de Rubí vol realitzar un estudi per tal de saber quin seria el potencial de generació d'energia fotovoltaica dins la ciutat de Rubí. El present projecte pretén donar una estimació de quin seria aquest potencial de generació distribuïda en els sectors industrial i domèstic a la ciutat de Rubí, per tal de poder realitzar en un futur, posteriors estudis i/o projectes en aquest àmbit.

Sent aquest un projecte acadèmic, es dividirà en dos parts clarament marcades: la primera part es centrarà en l'estudi de les causes i les conseqüències de l'estat actual del sector energètic, així com la tendència cap a un nou model energètic més sostenible basant en les energies renovables. En la segona part es trobarà la part d'estudi del projecte d'interès per l'ajuntament de Rubí, el càlcul del potencial de generació distribuïda, tant en el sector industrial com en el domèstic, i la estimació de la valoració econòmica d'aquest estudi.

CAPÍTOL 2:

ESTAT ACTUAL

La espècie humana es caracteritza per l'ús i l'aprofitament dels recursos naturals. Des de l'antiguitat, els humans han utilitzat el recursos energètics que tenia a l'abast per tal de millorar les seves condicions de vida. Gràcies a l'ús del foc com a font d'energia, l'home prehistòric va poder cuinar els aliments, produint canvis fisonòmics, tals com el desenvolupament del cervell, que van ajudar a la evolució del ésser humà com a espècie. Utilitzar el foc per escalfar-se va permetre a l'espècie humana colonitzar territoris on fins aleshores eren inaccessibles per les condicions climatològiques. Més endavant, la domesticació dels animals i l'ús que se'n va fer com a eina de tracció, va facilitar la agricultura i el transport, ja que un animal feia el mateix treball que un grup d'homes de forma més eficient. Posteriorment, l'ús del vent en la navegació va impulsar els vaixells de vela cap a les expedicions arreu del món. Els molins utilitzaven el vent o les corrents d'aigua per moldre el gra. Fins aleshores, els usos energètics que s'utilitzaven eren de fonts renovables i no s'explotaven de manera intensiva, però va ser amb el descobriment dels usos dels combustibles fòssils que s'utilitzen avui en dia (carbó, petroli i gas), quan el consum d'energia primària per càpita es va disparar.

Vivim en un univers mogut per energia, però només una quantitat limitada està disponible pel nostre ús. L'home ha descobert recentment un subsidi energètic provisional en forma de carbó, petroli i gas natural. Aquests tipus de recursos energètics no renovables, van canviar el model de vida de la època i van disparar el "progrés" a una velocitat fins abans mai vista. La societat es va industrialitzar i els avenços tecnològics en l'àmbit de l'agricultura va facilitar el treball de l'espècie humana, aconseguint augmentar la productivitat i donant la possibilitat d'alimentar a cada vegada més població. Com qualsevol altre espècie animal, quan hi ha major disponibilitat de recursos naturals, es produeix un augment de la població. Així doncs, la millora de la qualitat de vida va fer créixer la població humana de manera casi exponencial.

Quan es va fer la primera perforació petrolífera l'any 1859, la població mundial era d'aproximadament 1.300 milions de persones, en només 100 anys la població mundial ja superava els 2.800 milions. Avui en dia ja som prop de 7,4 milions de persones, i no para de créixer.

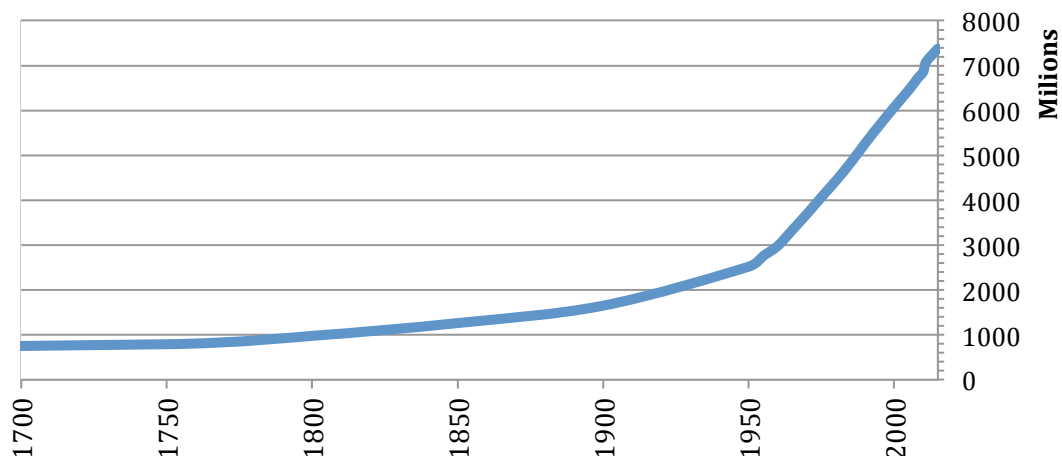


Figura 1. Històric de població mundial.

L'increment de la població implica un augment dels recursos consumits. Pel que fa a l'alimentació, els avenços tecnològics així com la automatització i la millora de les tècniques agràries va fer possible el subministrament d'aliments a aquesta població creixent. Per altre banda, al industrialitzar-se la societat, el consum energètic es va disparar, seguint la mateixa trajectòria que l'augment de la població. Cada any la companyia petrolífera British Petroleum publica un estudi de l'estat dels recursos energètics (*BP Statistical Review of World Energy*) i, de la seva última versió del juny de 2015^[1] sobre l'estat del recursos energètics de l'any anterior, s'han extret les dades per tal de realitzar els càlculs i observacions pertinents.

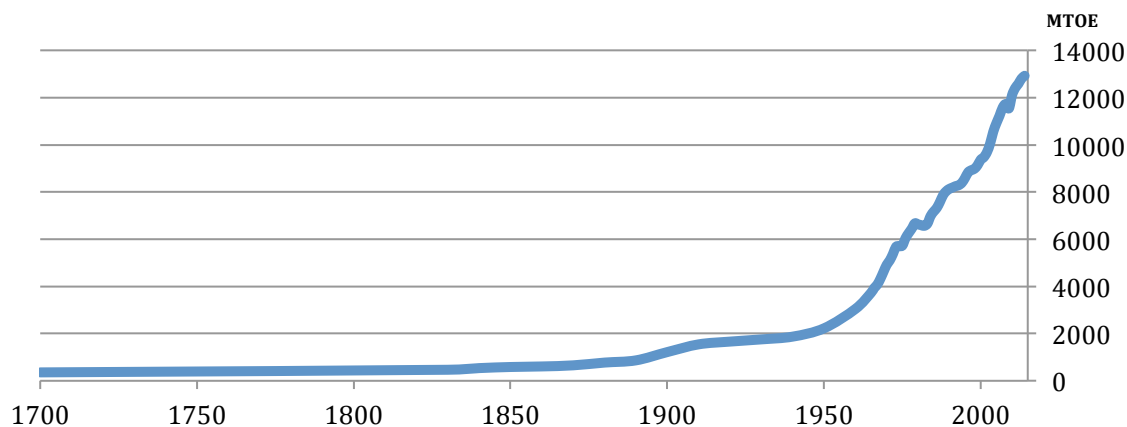


Figura 2. Consum històric d'energia primària.

En els últims 50 anys, la població mundial s'ha multiplicat per 2,3 passant dels 3.000 milions d'habitants l'any 1960 a 7.000 milions l'any 2011, i no para de créixer. Actualment ja som més de 7.400 milions d'habitants al planeta. El major creixement el protagonitza els països de l'Àsia Pacífic, liderats per la Xina i la Índia, que en aquests últims 50 anys han doblat la seva població i ja superen els 2.500 milions, un 36,5 % de la població mundial. L'altre important creixement el protagonitza el continent africà, gràcies a la reducció de la mortalitat infantil, la lluita contra la fam i a l'accés a les noves tecnologies que els ha permès un ràpid creixement econòmic.

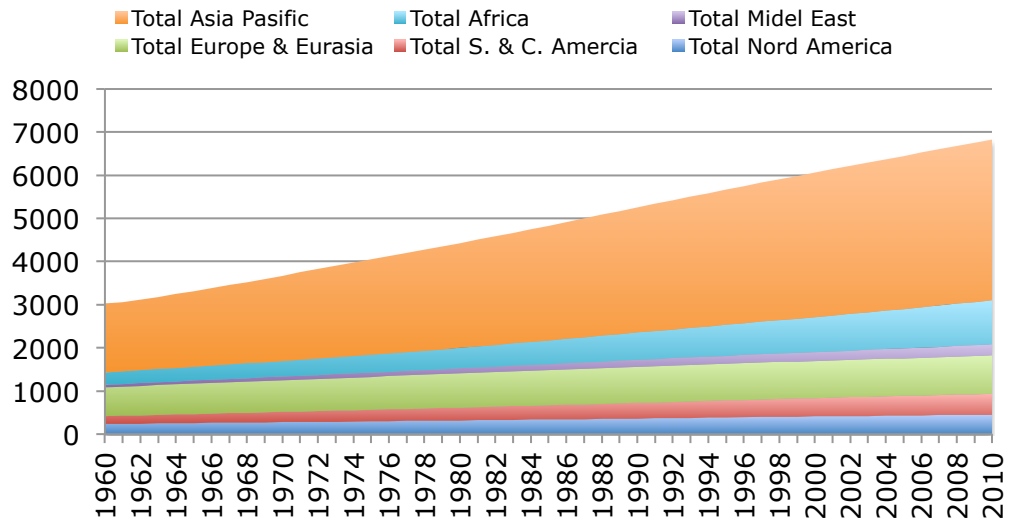


Figura 3. Població mundial per zones geogràfiques.

L'augment demogràfic s'ha produït en països en vies de desenvolupament, on el consum energètic per càpita és inferior que en els països desenvolupats. Si el consum per càpita d'aquestes regions s'equiparés al nivells de consum europeus o americans, les necessitats energètiques globals serien considerablement molt més grans.

Per tant, podem trobar una relació quasi lineal entre el creixement de la població i el consum d'energia primària. Quanta més gent hi ha, més recursos energètics es consumeixen. Però en un món on els recursos energètics són limitats, el creixement de la població no pot seguir aquest ritme. Si segueix així, ens apropem perillosament a un punt de no retorn d'esgotament del recursos fòssils, amb les conseqüències ambientals associades, que provocaria una crisi mundial a una escala mai abans vista. Però el creixement demogràfic no és l'únic factor de pressió sobre els recursos energètics.

Els models econòmics que predominen en tot el món estan basats en el consum i el creixement econòmic. En un món on els recursos energètics són finits el creixement econòmic no pot ser il·limitat, dons cada vegada es necessitarà més energia per generar creixement econòmic.

En els últims 50 anys el consum d'energia primària no ha deixat de créixer i ja s'ha multiplicat per 2,5 (de 3.278,0 milions de tones equivalents de petroli l'any 1965 a 12.928,4 milions de tep l'any 2014).

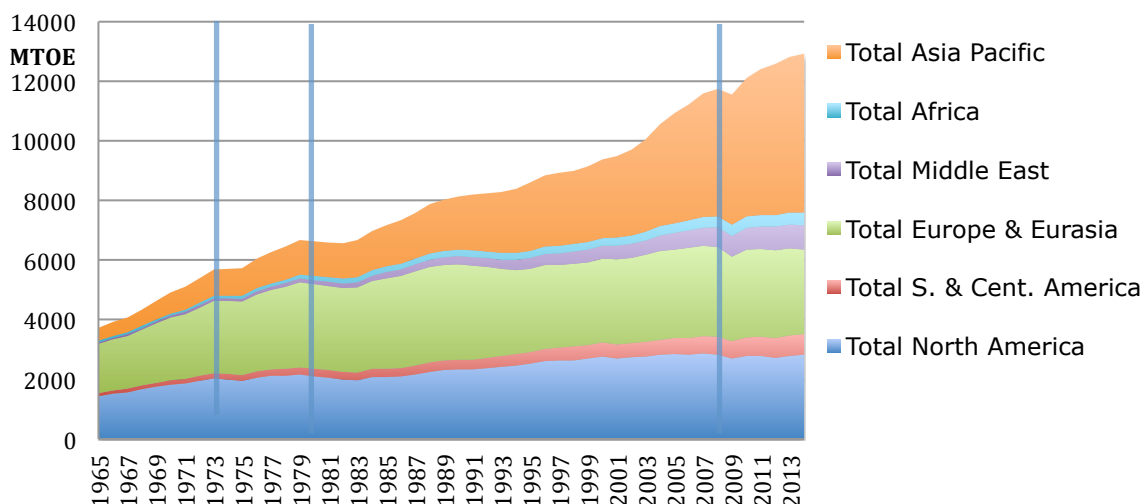


Figura 4. Consum d'energia primària per zones geogràfiques.

En la figura 4 podem observar que els màxims consumidors d'energia primària són Nord Amèrica, Europa i Euràsia i la zona de l'Àsia Pacífic, sent aquest últim els que tenen un creixement més gran aquesta última cinquantena. Els països en vies de desenvolupament són aquells que ha registrat un màxim creixement en el consum d'energia primària, encapçalats per aquells que formen part del anomenat BRICS (Brasil, Rússia, Índia, Xina i Sud Àfrica), amb un especial augment del consum a l'Índia i Xina degut a la seva gran població creixent i als ràpids augment del nivell d'industrialització.

L'any 2014 el principal consumidor d'energia era la zona d'Àsia pacífic, seguit per Nord Amèrica i Europa & Euràsia. Aquestes tres regions consumeixen el 85% de tota l'energia primària.

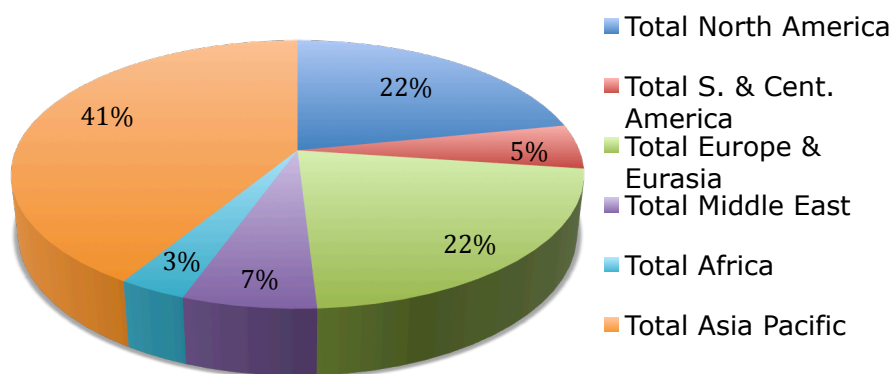


Figura 5. Consum d'energia primària el 2014.

D'aquesta energia primària consumida, el 87% prové de font energètiques d'origen fòssil, sent el petroli la major font energètica primària consumida, i només el 9% provenia de fonts d'energia renovable, principalment hidroelèctrica.

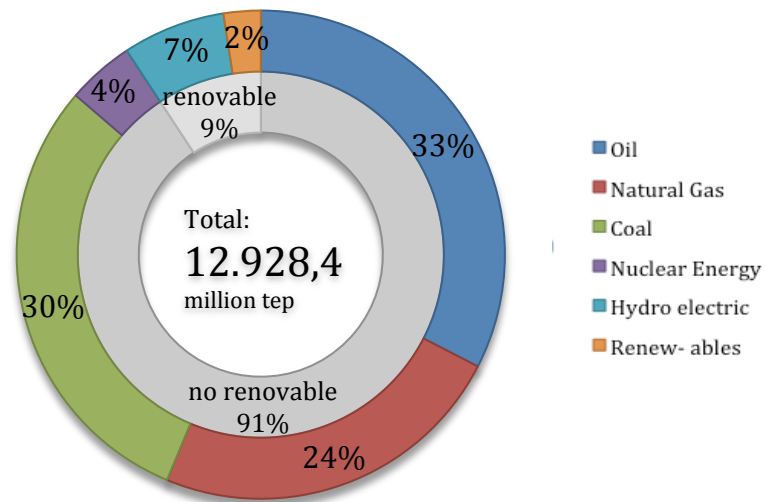


Figura 6. Consum d'energia primària per font.

Això indica que la societat actual és totalment dependent de fonts d'energia fòssil. Cultivem els aliments amb fertilitzants i pesticides petroquímics, la roba que portem està feta principalment de fibres sintètiques petroquímiques. El transport és el principal consumidor de derivats del petroli, mentre que les centrals de generació d'energia elèctrica són les principals consumidores de carbó. La calefacció i la cocció dels aliments en l'àmbit domèstic també estan basats en combustibles fòssils, principalment gas natural. Així doncs, hem construït una civilització sobre l'explotació del recursos carbònics. Que passarà quan aquests s'acabin?

L'any 2015, segons les dades publicades pel *world bank*^[2], el mixt de generació elèctrica mundial es basava en un 41,7% en el carbó. Només el 21,8% de la generació d'electricitat procedia de font renovables, on la generació hidroelèctrica va ser la principal font energètica renovable.

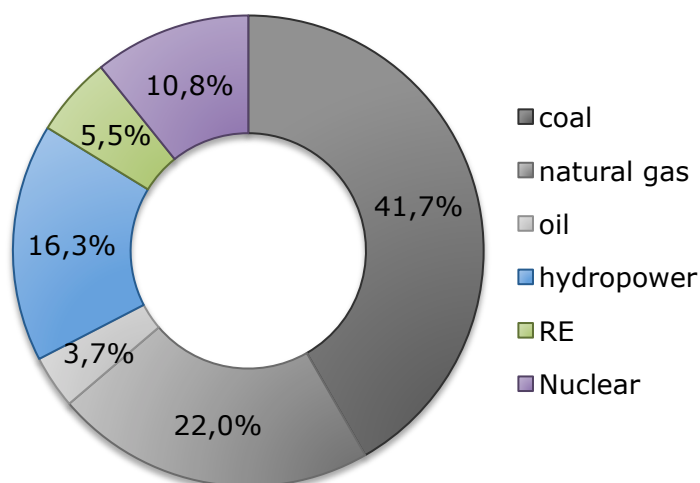


Figura 7. Generació elèctrica mundial per font

Cal aleshores, estudiar perquè els combustibles fòssils són la base del sistema energètic mundial si, com ja hem comentat, són limitats.

2.1. Combustibles fòssils

Com ja hem mencionat anteriorment, la utilització dels combustibles fòssils com a font d'energia primària va fer possible la industrialització de la societat. Gràcies a ells, la vida ha evolucionat fins a la actualitat. Que hagués passat si no s'haguessin utilitzat aquest tipus de combustible? Provablement les coses serien molt diferents.

Els combustibles fòssils són la primera font d'energia primària utilitzada avui en dia, i és que, degut al seu alt poder calorífic, són bones fonts d'energia útil per generar energia tèrmica, que posteriorment pot ser transformada en altres tipus d'energia. Per altre banda, la seva utilització està relacionada amb la contaminació atmosfèrica i el canvi climàtic, ja que durant la seva combustió es desprenen grans quantitats de diòxid de carboni, gas d'efecte hivernacle, i altres gasos contaminants com el monòxid de carboni, entre altres.

Es caracteritzen de la resta de recursos energètics per no ser renovables, és a dir, es consumeixen de forma més ràpida del que es generen. Es van formar fa milions d'anys per la descomposició de matèria orgànica en condicions d'altres pressions i temperatures, i s'han mantingut intactes en el subsòl durant tot aquest temps. La espècie humana, al descobrir el potencial energètic d'aquests, els ha explotat fins a la extenuació, acabant amb gran part de les reserves en menys de 200 anys.

Aquesta energia emmagatzemada en el subsòl en forma de carbó, petroli i gas natural, ha estat utilitzada perquè era la forma energètica més econòmica d'aconseguir energia. Gràcies a això, s'ha construït una infraestructura entorn a aquestes fonts energètiques que, a la vegada, ha creat una dependència d'ells, creant un cercle de retroalimentació.

2.1.1. Carbó

El carbó és un mineral ric en carboni de color negre. La majoria es va formar en la època del carbonífer (fa 300 milions d'anys) quan les restes vegetals terrestres en descomposició en entorns pobres en oxigen, ja sigui en pantans o llacs de poca profunditat, es van anar acumulant i cobrint per capes de sediments. Amb el temps es va anar solidificant i transformant física i químicament per l'acció de bacteries anaeròbiques, sota condicions d'altres pressions temperatures, fins al mineral que coneixem avui en dia.

Segons el percentatge de carboni, la humitat i la quantitat d'impureses, es pot classificar en antracita, bituminosos o hulla, lignits i torba. A mesura que la quantitat de carboni augmenta i disminueix la humitat i el nombre d'impureses, el poder calorífic és major i, per tant, es considera que és de major qualitat. L'antracita és el carbó amb més contingut de carboni sent, aleshores, el carbó de major qualitat. Dins les impureses que acompanyes al carboni podem trobar diversos elements com l'hidrogen, l'oxigen, el nitrogen i el sofre, entre altres.

És el combustible fòssil més abundant a la terra, però també el més polèmic degut als danys mediambientals que origina la seva extracció. La major part del carbó prové de grans mines a cel obert que requereixen el moviment d'enormes quantitats de terra, acabant amb els ecosistemes locals.

En la combustió del carbó es generen grans quantitats de CO₂, i els altres gasos que desprèn a l'atmosfera degut a la combustió, són els que estan darrera de la pluja àcida.

La utilització del carbó com a font energètica és una de les més ineficients. Tot i això, la demanda del carbó augmenta a un ritme del 3% anual, liderats per la Xina (50,6%) seguits pels EUA (11,7%) i l'Índia (9,3%).

El principal ús del carbó avui en dia és la generació d'electricitat en les plantes tèrmiques convencionals, on representa el 41,7% de les fonts d'energia primària. En les regions d'Àsia i l'Àfrica subsahariana el percentatge s'eleva per sobre del 60%. Altres usos serien la fabricació de ciments, la metal·lúrgia i altres usos industrials i domèstics.

Es calcula que les reserves actuals podrien durar teòricament 250 anys. Tot i això, la Administració de la Informació de l'Energia dels estats units (EIA per les seves sigles en anglès) informa que bona part d'aquestes reserves no es podrà extreure degut al seu alt contingut en sofre, a la seva baixa qualitat i al seu elevat cost d'extracció i transport. Les principals reserves es situen als EUA (26,6%) a Rússia (17,6%) i a Xina (12,8%).

Actualment s'està utilitzant tecnologies com la gasificació i la liqüefacció per tal d'utilitzar el carbó com matèria prima per fer combustibles sintètics que puguin reemplaçar el petroli, tal com va fer Alemanya durant la Segona Guerra Mundial, però la energia neta resultant d'aquest processos és extremadament baixa.

2.1.2. Petroli

El petroli és una barreja d'hidrocarburs, és a dir, un fluid format principalment per hidrogen i carboni. Es forma a partir de matèria orgànica acumulada en sediments del passat geològic i enterrats durant milions d'anys en unes condicions de pressió i temperatura, on van patir transformacions químiques i físiques fins a transformar-se en el fluid de color negre que coneixem actualment. És un recurs no renovable i és la principal font d'energia primària d'avui en dia.

L'aprofitament de petroli i els seus derivats és un factor clau per entendre la societat d'avui en dia. El petroli es coneix des de l'antiguitat, però el seu ús era menor. Els egipcis ja l'utilitzaven com a adhesiu i com a greix. No va ser fins l'any 1859, quan es va fer la primera perforació d'un pou de petroli, quan es va fer oficial el descobriment d'aquest. Des d'aleshores, la extracció de petroli a escala industrial no ha parat de créixer.

El petroli s'ha convertit en el motor de la economia global i qualsevol variació en el preu d'aquest, provoca greus conseqüències. Per exemple, la crisi econòmica del 2008, que va arrasar l'economia planetària, va ser causada en part pel preu del petroli. En el 2001 el preu del barril de Brent, índex de referència al mercat europeu, es situava en valors de 24 \$/barril, però aquest va anar pujant fins assolir el seu valor màxim històric de 147 \$/barril el juliol de 2008. Dies més tard, el preu va caure en picat i el col·lapse de la economia no es va fer esperar.

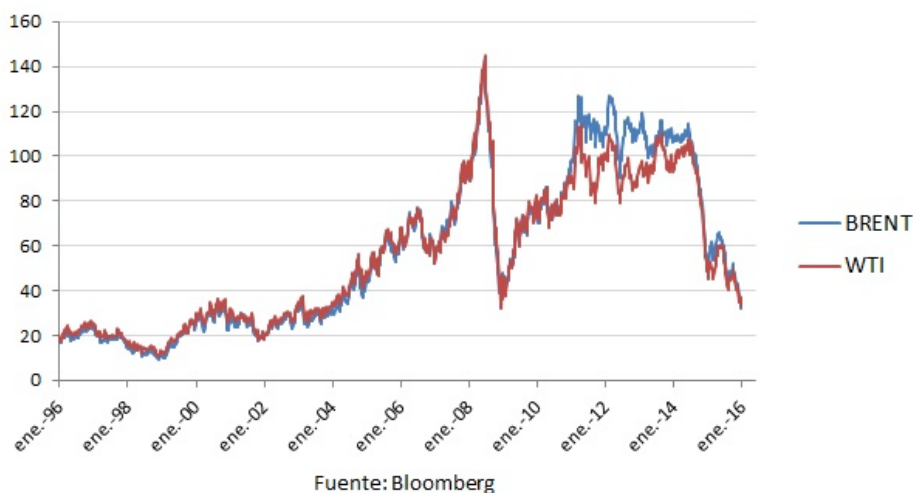


Figura 8. Preu del petroli.

Aquest combustible està estretament relacionat amb el preu de tots els productes. Quan el preu del petroli puja, el preu dels productes bàsics també ho fa, ja que els costos de producció, transport i distribució augmenten degut a que en aquests processos, l'ús dels productes derivats del petroli és bàsic.

En la actualitat l'aprofitament del petroli com a font energètica passa per un moment crític perquè, segons els experts que ho estudien, s'ha superat el conegut com a pic del petroli o zenit del petroli. Això vol dir que ja s'ha consumit la meitat de les reserves petrolíferes recuperables en última instància. A partir d'aquí, cada vegada hi haurà menys disponibilitat a mesura que avancin els anys.

Un home que va dedicar la seva vida a l'estudi d'aquest fenomen és el geofísic i geòleg King M. Hubbert, que va treballar durant part de la seva vida a la companyia petrolífera Shell Oil Company. Hubbert va presentar un model matemàtic on pronosticava que el pic de producció dels EUA arribaria en els anys 70. Aquest model és una corba lògica amb forma de campana, coneguda com a campana de Hubbert. Tot i que molts no el van creure, va encertar en el seu pronòstic i els EUA van passar de ser el major exportador de petroli, a un país totalment dependent de les importacions.

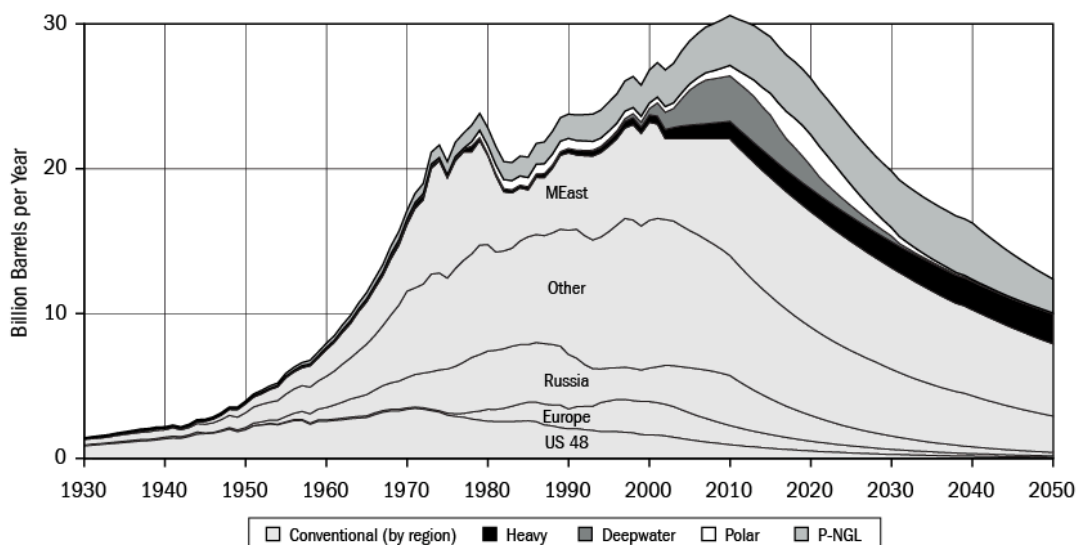


Figura 9. Reserves estimades de petroli.

Segons Hubbert "en el sistema matèria-energia és impossible mantenir el creixement exponencial durant gaire més temps. Ara mateix aquesta etapa s'està acabant. El sistema monetari no té aquestes limitacions i ha de continuar creixent per un interès global"

Altres experts com Campbell o Deffeyes entre altres, seguint el mètode de Hubbert, van calcular quin seria el pic de producció a escala planetària. Van definir que aquest es donaria durant la primera dècada del segle XXI. Això vol dir que a dia d'avui, el nivell d'extracció de petroli està a la baixa i així seguirà fins a l'esgotament total de les reserves. I és que, el retorn energètic d'extracció del petroli no ha parat de baixar. És a dir, en els anys 60 el rati d'extracció era de 30 a 1, per altre banda, al 2012 aquest rati era de 3 a 1. Això significa que per cada unitat d'energia utilitzat en el bombeig dels pous, només se'n recuperen 3.

Pel que fa als nous descobriments a escala mundial, no paren de baixar dels anys 1970, tot i els avenços tecnològics aconseguits en aquest camp, aconseguint extreure entre un 30 i un 50% del petroli dels dipòsits. Els principals pous d'on s'extreu el petroli que s'utilitza avui en dia van ser descoberts en els anys 70. I és que, en l'actualitat, es gasten 3,5 barrils per cada barril nou que es troba.

Això implica una dependència dels estats dels països exportadors de petroli, principalment els que formen el grup que agrupa els majors exportadors de petroli (OPEP), generant conflictes geopolítics pels interessos de cada país.

Kenneth S. Deffeyes va escriure que " Ninguna iniciativa que es prengui avui pot tenir un efecte considerable en l'any que es produeixi el pic de producció. Cap projecte d'energies renovables pot tenir la magnitud i importància precisa com per evitar la declaració d'una guerra originada per el desig de controlar i apropiarse del petroli encara disponible. Esperem, com a mínim, que aquesta guerra sigui econòmica i no pas militar"

2.1.3. Gas natural

De la mateixa forma que el petroli i el carbó, el gas natural és una font energètica primària no renovable d'origen fòssil. Com la resta de combustibles fòssils, el gas natural s'ha anat formant durant milions d'anys per la descomposició anaeròbica (sense oxigen) de grans quantitats de matèria orgànica dipositada al fons del mar o dels grans llacs i enterrats sota capes de sediments. De la descomposició d'aquesta matèria orgànica sota condicions d'altres pressions i temperatures, se'n va despendre gasos, principalment gas natural.

El gas natural està compost per una barreja d'hidrocarburs, principalment per metà (CH_4). La resta de molècules que formen aquest gas varia en funció de la zona geogràfica on es trobin els jaciments. També pot incloure en petites quantitats altres hidrocarburs com l'età, el propà i el butà i altres molècules com el nitrogen.

L'ús del gas natural com a font energètica representa un 24% del consum total, i s'utilitza principalment per a la combustió, ja sigui per escalfar, per fondre en processos industrials, per cuinar o per a generar electricitat en les centrals de cicle combinat. Però també és una matèria prima important per a la producció d'una gran varietat de productes químics, com els fertilitzants per abonar els camps de conreu. Per altre banda, hi ha altres tipus de gas anomenats no convencionals, que, mitjançant noves tecnologies i mètodes d'extracció, podria fer créixer l'ús del gas com a font energètica primària.

En molts àmbits, el gas natural està destinat a ser el substitut temporal del petroli durant la transició energètica, i és que, tot i que segueix emetent CO₂, ho fa en menys proporció i de forma més neta que la resta de combustibles fòssils, és més econòmic i té un major rati de retorn energètic (quantitat d'energia aconseguida per cada unitat d'energia empleada per a l'extracció) que el petroli. A més a més, les reserves estimades podrien subministrar gas natural durant 50 anys més, segons les tendències de consum actual. Aquestes reserves estan situades principalment a l'orient mitjà (42,7%) i a Rússia (17,4%).

Alguns experts asseguren que el gas natural seguirà un corba semblant a la de Hubbert però desplaçada en el temps i amb el costat dret de la corba, quan les reserves comencen a disminuir, més pronunciada, ja que els jaciments de gas es consumeixen de forma més ràpida que els del petroli. El pic de producció del gas natural s'estima que es produirà entre la segona i la tercera dècada del segle XXI.

La infraestructura necessària per a l'extracció del gas convencional és molt similar a la infraestructura necessària per a l'extracció del petroli. És necessari perforar a grans profunditats fins arribar als jaciments de gas, on es troba atrapat dins la roca porosa, limitat per una capa de roca impermeable que impedeix que el gas s'escapi a la superfície. El mètode d'extracció del gas no convencional és una mica diferent. S'utilitza el mètode anomenat com fractura hidràulica (*fracking* en anglès) que consisteix en injectar una barreja d'aigua i productes químics a altes pressions per tal de esquerdar i desfer la roca que conté el gas, per poder així fer-lo arribar fins la superfície. Aquest mètode ha causat moltes polèmiques degut a que la barreja de productes químics sovint es filtra fins als aqüífers i provoca la contaminació d'aquests.

2.2. Canvi climàtic

El canvi climàtic originat per factors antropocèntrics, principalment els originats per l'activitat industrial basada en els combustibles fòssils, és una realitat cada cop més palpable. Els científics ens adverteixen que s'ha emes suficient diòxid de carboni a l'atmosfera com per canviar el clima de forma irreversible i que, aquest canvi potencialment catastròfic en la temperatura i la química del planeta, amenaça amb desestabilitzar els ecosistemes de tot el món.

I és que, durant la combustió dels combustibles fòssils, s'alliberen grans quantitats de diòxid de carboni (CO₂), entre altres gasos, que contribueix a agreujar l'efecte hivernacle, augmentant la temperatura global del planeta. També s'alliberen altres gasos en menor quantitat com el monòxid de carboni, que és un gas tòxic, i altres compostos volàtils com el sofre, que és el responsable de la pluja àcida que causa l'acidificació dels rius i llacs.

Està demostrat que la concentració de diòxid de carboni està relacionada amb les temperatures atmosfèriques. La concentració de CO₂ ha estat més o menys constant al llarg dels segles en un valor de 280 ppm, però va ser durant la era industrial, on es van començar a utilitzar els combustibles fòssils a gran escala, quan aquest valor es va disparar fins a un valor de 350 ppm (l'any 1990).

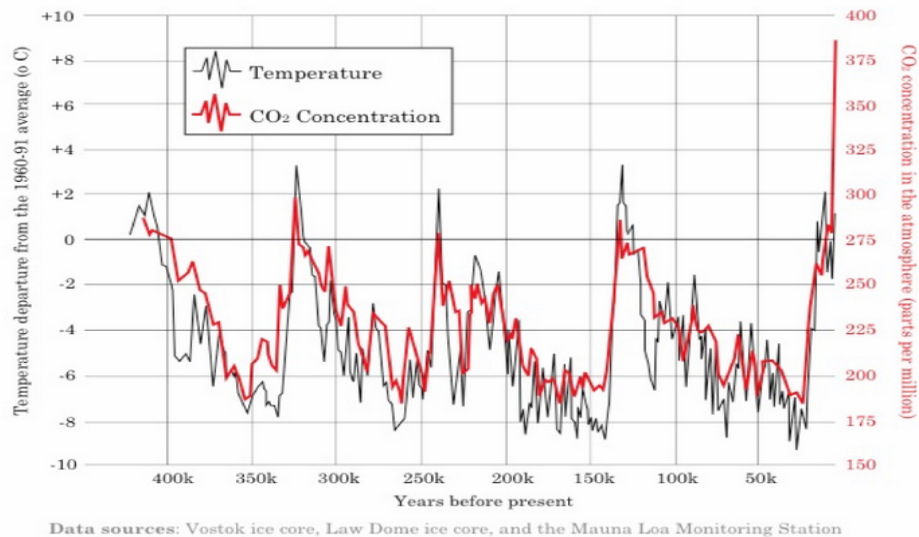


Figura 10. *Concentració de CO₂ i temperatures.*

Els combustibles fòssils s'han mantingut intactes en el subsòl durant segles. L'extracció d'aquestes fonts d'energia és un procés molt danyí pels ecosistemes ja que són necessaris grans moviments de terra per obrir una mina de carbó a cel obert, destrossant els ecosistemes locals de forma irreversible. A més a més, les filtracions i els abocaments de productes contaminants es produeixen sovint durant el transport dels combustibles, passant als entorns naturals.

El Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC per les seves sigles en anglès) és un organisme de les Nacions Unides encarregat d'avaluar i difondre el coneixement del canvi climàtic. Emet avaluacions periòdiques sobre les bases científiques del canvi climàtic, les conseqüències, així com les possibilitats que existeixen per adaptar-se a elles i com mitigar els efectes. El 2014 van presentar el 5è informe d'avaluació (AR5)^[3], on definien diferents escenaris de futur i els objectius a seguir per tal de reduir els efectes del canvi climàtic. En ell també es mostren les evidències científiques de que el canvi climàtic s'està produint amb molta celeritat.

La pujada de les temperatures provoca altres greus conseqüències, com el desglaç dels pols. La mida del gel permanent dels Pols no ha deixat de disminuir any rere any, de la mateixa manera que les glaceres d'arreu del món, provocant un augment del nivell del mar que posa en perill els sistemes de micro-illes i les línies de costa d'arreu del planeta. El permafrost siberià, on es calcula que hi ha més metà emmagatzemat al subsòl del que s'ha emès fins la actualitat, s'està descongelant. Si aquest gasos s'arriben a alliberar, les conseqüències per al clima serien irreversibles.

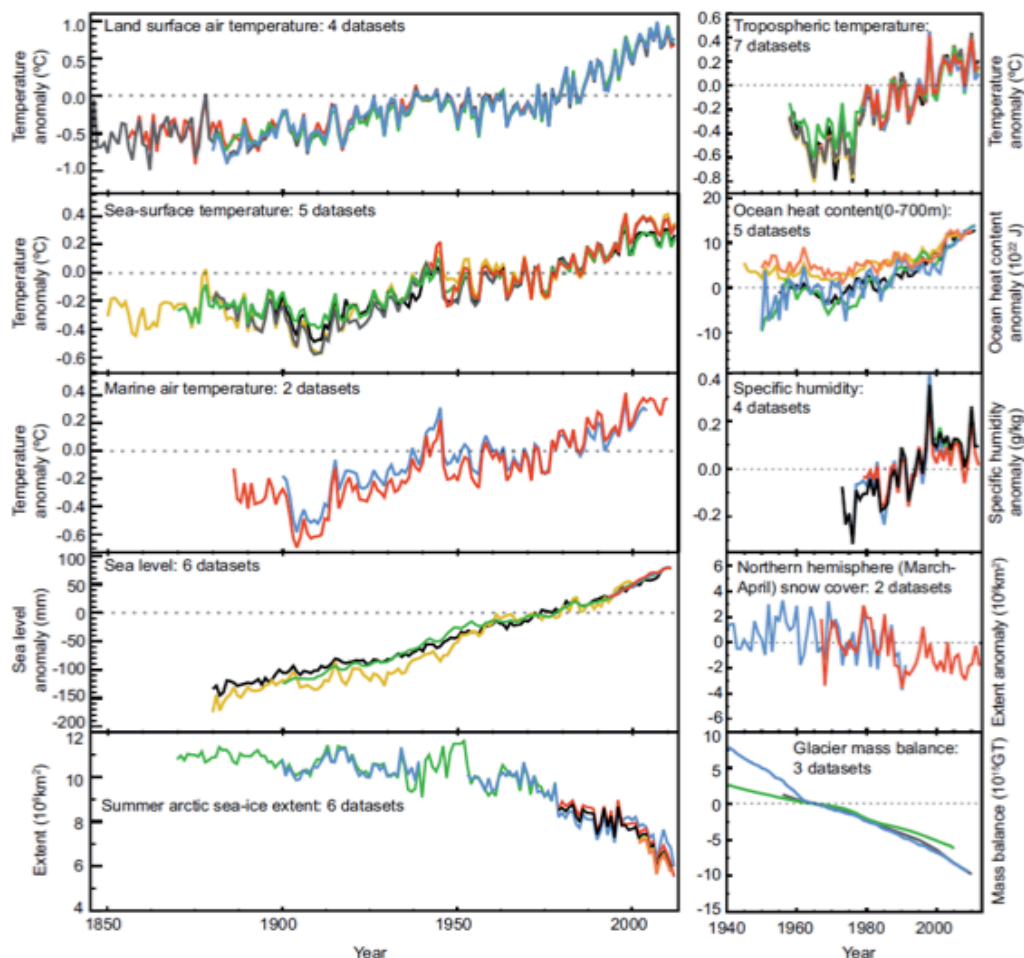


Figura 11. Anomalies climàtiques.

Els mars i oceans són els grans damnificats per el canvi climàtic, ja que són els reguladors del clima del nostre planeta. L'escalfament dels oceans faria variar les grans corrents oceàniques, provocant canvis en el clima. L'augment en la durada i la freqüència dels fenòmens de "el niño" i "la nina" són un clar exemple d'aquest canvis. A més a més, a mesura que la concentració de diòxid de carboni va augmentant, el pH dels oceans disminueix, fent-los més àcids. Això posa en perill d'extinció a la fauna i la flora marina, com els corals i els mol·luscos.

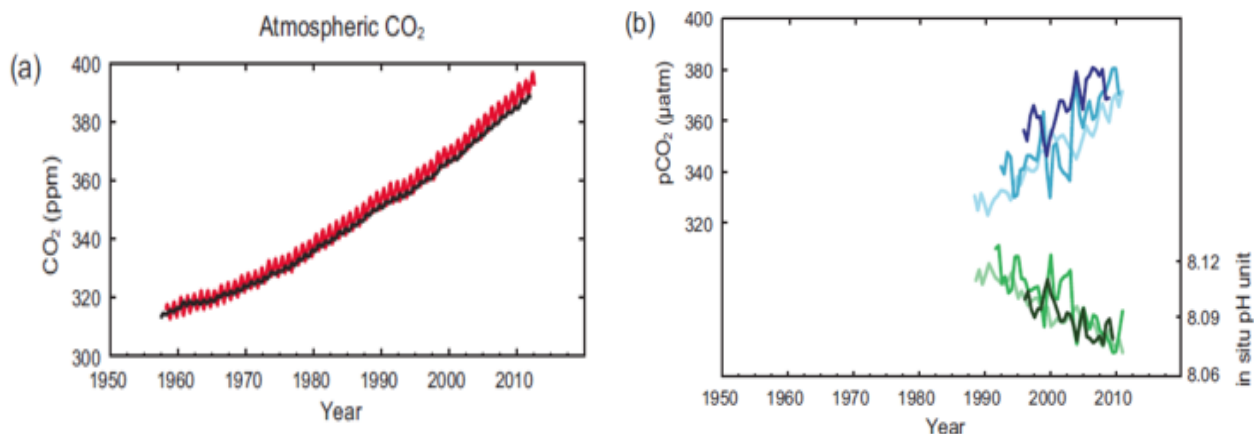


Figura 12. Acidesa dels mars i concentració de CO₂.

Com es pot veure, la llista d'inconvenients de la utilització dels combustibles fòssils és molt extensa. Tot i això, encara són la principal font energètica de la societat actual, ja que són recursos econòmics i la infraestructura construïda entorn aquests combustibles s'ha desenvolupat a gran escala. Per tant, és responsabilitat de tots i totes canviar el model energètic actual per un de més sostenible, intentant així minimitzar les conseqüències de l'era industrial.

Per tal de trobar solucions i arribar a acords internacionals, els governs de tots els països del món es reuneixen anualment en les reunions anomenades COP (*Conference Of Parties* en anglès). En la última conferència a París, en la COP21, es va arribar a l'acord de que els governs es comprometrien a evitar que la temperatura global del planeta no superés en cap cas els 2 °C des d'abans de la era industrial. Aquest acord és un gran pas inicial per la lluita contra el canvi climàtic.

CAPÍTOL 3:

TRANSICIÓ ENERGÈTICA

El model energètic basat en el petroli està arribant a la seva fi, i ara estem obligats a realitzar una transició cap a un regim energètic i un model industrial totalment nou.

Durant anys s'ha utilitzat els combustibles fòssils com a font d'energia ja que eren la opció més senzilla: fàcils i econòmicament accessibles d'extreure, però també eren fàcils de transportar i d'emmagatzemar. Ara la humanitat s'enfronta a un dels reptes més grans de la seva existència; el petroli i els altres combustibles fòssils, que van definir el model de vida industrial, han entrat en declivi, i les tecnologies que s'alimentaven d'aquestes fonts d'energia ja estan antiquades.

Les energies renovables no tèrmiques (eòlica, solar fotovoltaica, hidroelèctrica, mareomotriu, etc.) transformen la energia primària directament en energia elèctrica, la qual és complicada de transportar i difícil d'emmagatzemar. Per aquest motiu és importat la investigació en noves tecnologies i la fabricació en massa de components, que farà que aquestes tècniques alternatives de generació siguin assequibles per la població, facilitarà la producció local d'energia i augmentarà la resiliència del sistema elèctric.

A Europa ja s'estan aplicant mesures i traçant el recorregut a seguir per accedir a un futur verd i sostenible, sabent que la era dels combustibles fòssils està arribant al final.

Casi tot el món està d'acord en que la millor forma de suavitzar l'impacte de la falta d'energia és senzillament consumir menys i aprofitar al màxim la que utilitzem. Dit amb altres paraules, és fonamental una reducció del consum energètic en les societats consumistes, evitant el malbaratament de l'energia aplicant mesures d'eficiència energètica. Però si el model de vida que tenim avui en dia no canvia, la transició serà molt més llarga i complicada d'aplicar.

3.1. Renovables

La transició cap a un nou sistema d'energies renovables s'està produint a una velocitat superior al previst. I és que els avanços tecnològics que s'han produït i la producció en sèrie dels components necessaris, a provocat una ràpida caiguda del preu de les noves energies verdes, fent-les competitives amb les fonts energètiques convencionals. Les energies renovables s'acosten a la paritat de ret, és a dir, el cost de generació elèctrica mitjançant font alternatives és similar al cost de generació elèctrica convencional.

I és que un futur 100% renovable és possible, les energies renovables es troben distribuïdes per tot el planeta i són un recurs inesgotable, cada estat del món podrà captar la energia necessària en el seu propi territori, sense dependre dels mercats internacionals.

Tal com indica Ramon Sans en el seu llibre "La darrera oportunitat, la transició energètica del segle XXI", cada any les energies renovables proporcionen més de 23 vegades l'energia de totes les reserves de combustibles fòssils provades, sent l'energia solar la principal font potencial d'energia renovable amb gran diferència.

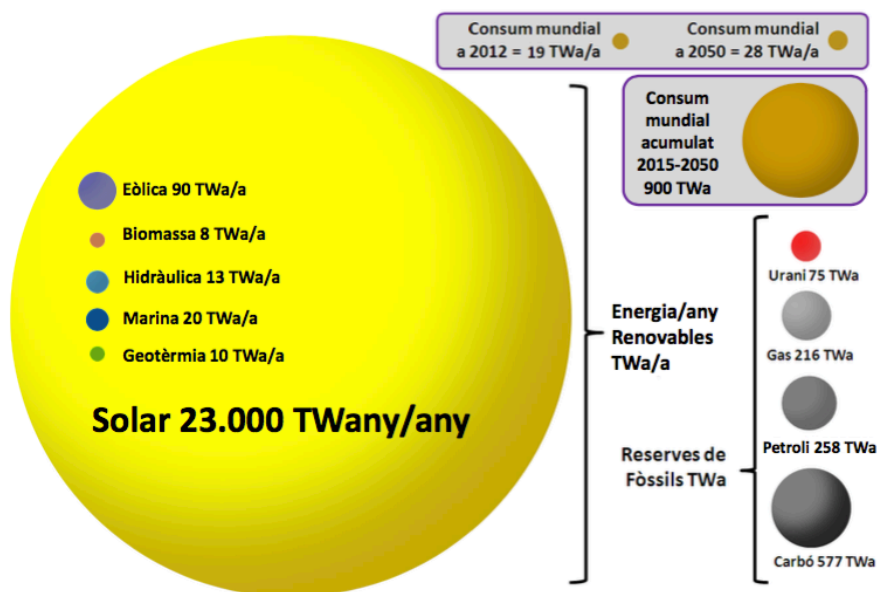


Figura 13. Reserves i recursos energètics renovables.

Les alternatives energètiques renovables són molt diverses, des de l'aprofitament de l'energia cinètica de l'aigua o el vent, fins l'aprofitament de la radiació solar, passant per les alternatives de biomassa, biocombustibles i geotèrmiques. Actualment les energies verdes que estan més desenvolupades són la hidroelèctrica, la eòlica i la solar, mentre que la resta d'alternatives estan en una fase de maduració.

En un futur renovable, serà necessari una combinació de totes elles en diferents percentatges per tal de poder assegurar el subministrament d'energia elèctrica, ja que moltes d'elles depenen de les condicions climàtiques de cada moment.

3.1.1. Hidroelèctrica

L'aprofitament de l'energia cinètica dels rius ja s'utilitzava en la edat mitjana en els molins per moldre el gra. Els embassaments actuals transformen l'energia potencial gravitacional i corrents dels rius per generar energia elèctrica.

L'electricitat generada mitjançant l'aigua que baixa pels rius és la major font energètica renovable del món. L'any 2014 va representar un 16,3% del mix energètic mundial, però hi ha països, on abunden les reserves fluvials, que l'energia hidroelèctrica representa més de 80% de la producció elèctrica anual.

Ja en el segle XX, el embassament es construïen en els rius més grans. Avui en dia no hi ha opció per a la construcció de grans embassament, doncs queda poc espai per seguir creixent.

Una dels avantatges de generar electricitat mitjançant les preses hidroelèctriques és que és relativament fàcil emmagatzemar energia. La reserva d'aigua representa el potencial de generació elèctrica. A més a més, els excedents d'energia de la ret es poden utilitzar per bombejar aigua a l'embassament superior per poder utilitzar-la posteriorment en moments de gran demanda. Els embassaments també funcionen com a reservori d'aigua per al consum i ajuden a gestionar i controlar les crescudes dels rius degut a les temporades de pluja.

Per altre banda, els embassaments provoquen una sèrie de problemes mediambientals: tallen el flux de sediments que arrossegueu els rius impedit que aquests arribin al mar, interferint en l'habitat marí i agreujant la erosió dels deltes. Aquests sediments s'acumulen en els embassaments, on la matèria orgànica es descompon i emet grans quantitats de metà, causant problemes de manteniment. També interfereix en el camí migratori de diferents espècies de peixos en el seu transcurs cap a la fresa. Sense oblidar de l'impacte ambiental que provoquen i tot el territori que s'inunda per tal de poder contenir l'aigua, provocant la destrucció del ecosistema local i, en alguns casos, el trasllat de poblacions senceres.

3.1.2. Eòlica

El vent s'origina a causa de l'escalfament desigual que provoca el Sol sobre l'atmosfera de la terra, així com de les irregularitats de la superfície terrestre i de la rotació axial del planeta.

La utilització de la força del vent es va començar a utilitzar primer per impulsar el vaixells de vela pels mars de tot el món, després mitjançant molins, s'utilitzava per moldre el gra o bombejar aigua.

El vent es troba en tot el planeta en diferents intensitats. És una font renovable i gratuïta.

Per aprofitar l'energia cinètica del vent per generar electricitat a escala comercial s'utilitza un generador elèctric connectat a unes pales que són mogudes per l'acció del vent, aquest generador rep el no d'aerogenerador. Un cop s'instal·la un aerogenerador, les úniques despeses són aquelles associades al manteniment.

Els aerogeneradors es classifiquen segons l'eix de rotació. Els comercials són d'eix horitzontal, metre que els d'eix vertical s'utilitzen en instal·lacions de menys potència.

La practica totalitat de l'energia eòlica es transforma en energia elèctrica en grans parc eòlics, on els aerogeneradors estan distribuïts pel territori i connectats a la xarxa. En els últims anys, el nombre de parcs instal·lats al mar

(*offshore* en anglès) a augmentat ja que presenten unes certes avantatges respecte els parc instal·lats a terra ferma: la velocitat del vent és major i no hi ha tantes turbulències, hi ha més espai disponible i l'impacte visual i acústic és menor. Per altre banda, els costos d'instal·lació i manteniment són majors.

De totes les energies renovables, la eòlica és la que, a escala global, es desenvolupa més ràpidament, a un ritme de més del 20% anual. També és la font energètica que més rati d'energia neta aconsegueix, es calcula que per cada unitat d'energia invertida per la construcció, manteniment i operació d'un aerogenerador, se'n recuperen 50 unitats. En els últims anys Xina ha sigut el país que més energia eòlica ha instal·lat, convertint-se en el país amb més capacitat instal·lada, davant dels EUA i Alemanya.

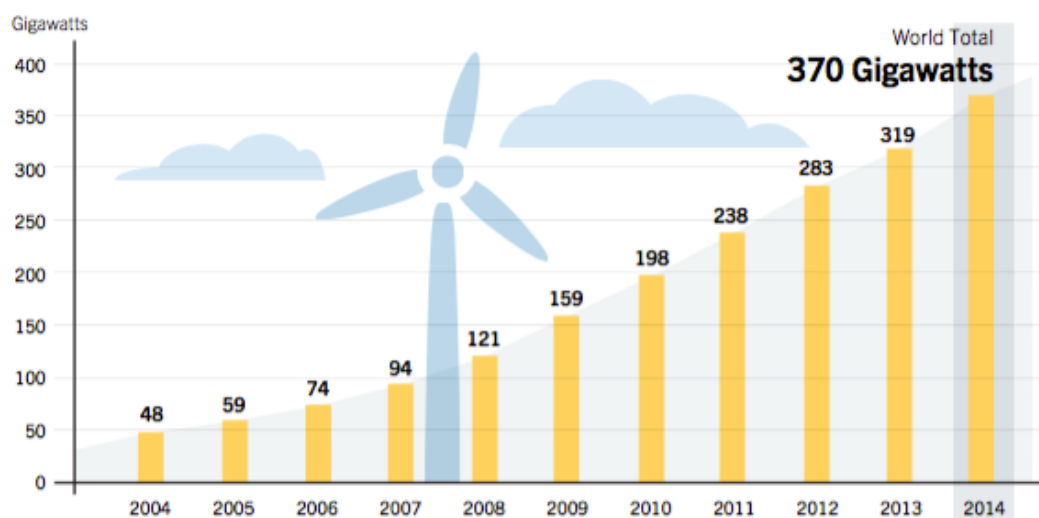


Figura 14. Evolució potència eòlica instal·lada al món.

Un dels reptes que caldrà solucionar en un futur pròxim és els problemes tècnics associats amb la disponibilitat intermitent del vent. A vegades, la disponibilitat màxima no concorda amb la demanda, i viceversa. Però aquest no és un problema insalvable, existeixen sistemes d'emmagatzematge energètic que podrien solucionar aquest problema.

3.1.3. Solar

L'energia solar té el seu origen en les reaccions de fusió que es produeixen al Sol, on dos àtoms d'hidrogen es fusionen alliberant grans quantitats d'energia en forma de radiació. Una part d'aquesta radiació és la que ens arriba a la terra i dona vida a totes les espècies del planeta.

El planeta terra es considera un sistema tancat, només intercanvia energia amb l'exterior, i aquesta energia és la procedent del Sol. Per tant, aquesta energia és la base de tota la vida del planeta. Si no ens arribés la radiació, les plantes no podrien fer la fotosíntesi i el sistema format per la biosfera col·lapsaria.

En una hora arriba a la terra suficient energia procedent del Sol com per abastir tot el consum energètic del món d'un any. El problema principal és que l'energia solar té una baixa densitat energètica, menys de 1.000W per metre quadrat. Convertir aquesta energia en una forma útil i poder emmagatzemar-la per quan el Sol no brilli és el principal problema que presenta aquesta font energètica.

L'energia procedent del Sol es pot aprofitar principalment de dos formes, la més senzilla és mitjançant calor, i l'altre és convertint-la directament en electricitat mitjançant el fenomen fotovoltaic.

Avui en dia, Espanya és el principal productor d'energia solar tèrmica del món. El concepte bàsic és concentrar la radiació incident en un punt mitjançant superfícies reflectores. Els sistemes de generació més utilitzats d'aquest tipus d'energia són els següents:

- **Concentrador cilindre-parabòlic (CSP):** els miralls parabòlics concentren la llum al punt focal on es situa el tub col·lector. L'oli que hi circula pel circuit primari es calenta a altes temperatures i posteriorment, intercanvia el calor amb el circuit secundari per generar vapor i alimentar les turbines.
- **Concentradores Fresnel:** Un miralls plans reflecteixen la llum solar a un mateix tub col·lector per on circula oli. El concepte és molt similar al dels concentradors cilindre-parabòlics, l'avantatge que tenen aquest sobre el CSP és que són més senzills i no necessiten sistema de seguiment solar, fent-los més econòmics.
- **Discos parabòlics:** uns miralls parabòlics en forma de disc concentren els rajos del Sol en punt focal, on està situat un generador anomenat Stirling, que genera directament l'electricitat.
- **Torre central:** Un grup de miralls que segueixen la orbita del Sol, anomenats heliòstats, concentren la llum a una torre central on l'alta intensitat de la radiació genera vapor, que s'utilitzarà per fer moure la turbina.

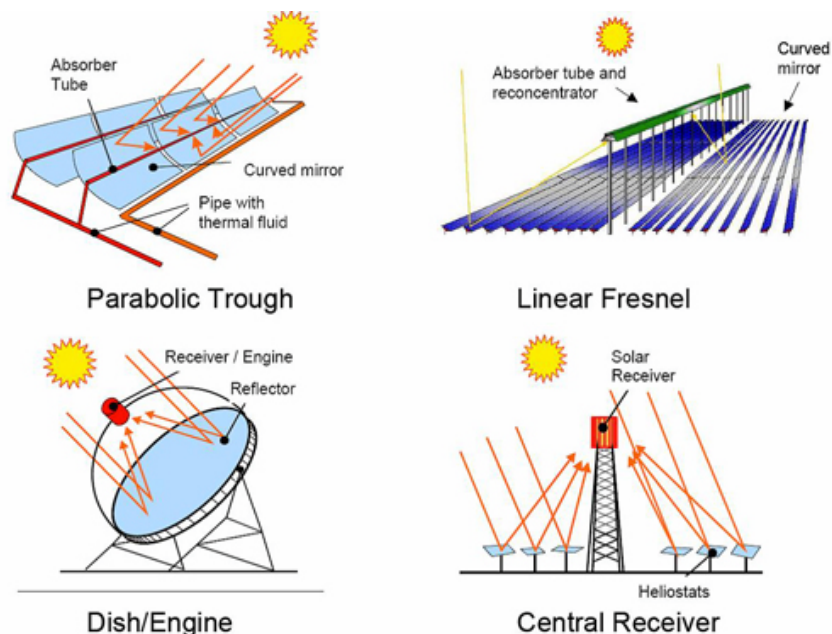


Figura 15. Sistemes de generació solar tèrmica.

Per altre banda, els generadors fotovoltaics generen directament electricitat gracies a l'efecte fotovoltaic, que fou descobert al 1839 pel francès Edmund Becquerel. Posteriorment va ser Albert Einstein qui va explicar el funcionament d'aquest efecte guanyant així el premi Nobel en el 1923.

Els sistemes de generació fotovoltaic està més relacionat amb els sistemes de generació distribuïda, i no pas amb grans parc de producció elèctrica, tot i que també n'existeixen, com els camps de captació dels deserts de Califòrnia.

Aquest sistemes de generació tenen un gran potencial en les zones geogràfiques assolellades. El 2014 van ser la Xina amb un 10,6% i el Japó amb un 9,7% qui més van augmentar la seva potència fotovoltaica instal·lada. Tot i això, Alemanya segueix sent el país amb més potència instal·lada, amb prop de 37 GW. Contràriament, tot i tenir més hores de sol, Espanya té una potència instal·lada de prop de 6 GW, i en els últims anys no s'ha augmentat aquest valor, degut a la incertesa de la regulació normativa d'aquests sistemes.

La capacitat de producció dels sistemes fotovoltaics creix a un ritme vertiginós, i les expectatives de futur són bones per aquest sector.

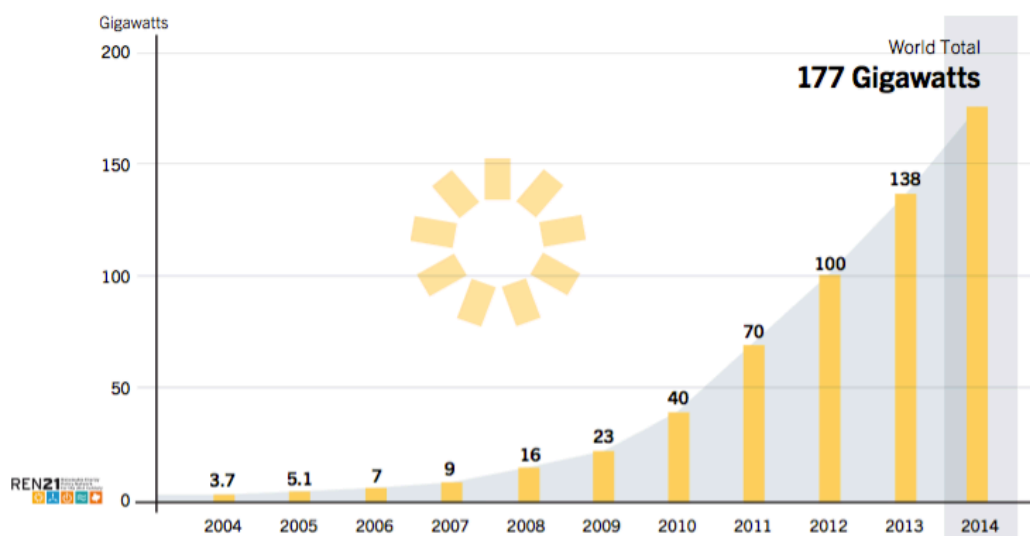


Figura 16. *Evolució potència fotovoltaica instal·lada al món.*

Tot i que la tecnologia ha evolucionat molt, aquesta font d'energia és relativament cara. Amb l'entrada dels panells al mercat a gran escala, els costos de producció s'ha reduït molt i s'espera que el cost de l'electricitat fotovoltaica continuï descendent un 8% anual.

CAPÍTOL 4:

GENERACIÓ

DISTRIBUÏDA

El nou model energètic ha de ser de caràcter distribuït, i és que, com ja hem comentat, les fonts energètiques renovables es troben a tot el món, en major o menor quantitat. I és que en una hora, la llum solar que arriba a la superfície del nostre planeta proporciona suficient energia per impulsar l'economia global durant tot un any.

Pel que fa a la generació elèctrica convencional, és més senzill transportar l'energia que els recursos. És més fàcil i econòmic crear una infraestructura de transport elèctric per llargues línies de distribució que moure el recursos fòssils amb mitjans de transport fins a les centrals de generació. Per aquest motiu les centrals de carbó acostumen a estar a prop de les mines de carbó o de punts de distribució tals com ports o vies fèrries. Però el transport d'electricitat té unes pèrdues associades.

Segons les dades disponibles en els informes de "Red eléctrica de España" (REE), operador del sistema elèctric a l'estat espanyol, les pèrdues degudes al transport elèctric per les línies d'alta tensió és de més de 3.000 GWh l'any 2015, és a dir, l'equivalent al consum de 930.000 llars espanyoles^[4]. A més a més, aquest sistema sobredimensionat comporta un cost d'operació i manteniment important, que tots els consumidors paguen a les seves factures. Amb aquestes dades tan alarmants queda clar que transportar electricitat per llargues línies de transport i distribució no és el sistema més eficient per fer-ho. Queda palès doncs, que apropar la generació al consum i evitar el transport és la millor opció, però com hem comentat anteriorment, per a les fonts de generació convencionals que utilitzen combustibles fòssils, els és més rentable una generació centralitzada. La generació mitjançant fonts d'energia renovable de caràcter distribuït no tenen aquests problemes.

El primer pas va ser centrar-se en el llocs on sempre fa sol, com la zona del mediterrani, y construir allà grans parcs solars per aprofitar aquesta energia. De

la mateixa manera es va pensar en aprofitar el vent allà on més abunda i construir grans parcs eòlics. Però el Sol brilla en tot el planeta, encara quan ho fa amb intensitat variable, i el vent bufa en tot el món, encara que sigui amb freqüència intermitent. És a dir, a diferencia dels combustibles fòssils i del urani, que són energies que es troben solament en certes regions del món, les energies renovables estan presents en totes parts.

Actualment el sistema elèctric és un sistema centralitzat organitzat a través d'una estructura d'aspecte piramidal, és a dir, una gran central de generació produeix la electricitat que demanda la població i es transporta per quilometres i quilometres de línies de transport fins al punt de consum, amb les conseqüents pèrdues associades. La generació distribuïda, per altre banda, és un sistema descentrat (distribuït) i de caràcter horitzontal, on cada consumidor aprofita la seva electricitat generada in situ.

Malaauradament, aquests sistemes de generació tenen un cert problema de variació en la intensitat i/o temporal. Per tal de no tenir problemes de subministrament degut a les condicions climàtiques adverses, disposar d'un mix variat de fonts d'energia renovables (eòlica, solar, hidroelèctrica i biomassa, principalment) ajudaria en la seguretat del subministrament. Un altre factor per millorar la seguretat del subministrament seria disposar d'un sistema de regulació i emmagatzematge d'energia per tal de gestionar els excedents de producció.

4.1. Gestió energètica

En un model energètic renovable, la gestió del consum energètic serà un dels pilars del model energètic degut a la complexitat de la gestió de la producció. La reducció del consum d'energia elèctrica i la discriminació horària, consumint quant el disponibilitat sigui major ajustant així la producció amb el consum, són factor a tenir en compte per una bona gestió del sistema energètic.

Per tal de millorar l'eficiència energètica i la sostenibilitat de les ciutats de tot el món, és important fer un ús responsable de l'energia. La reducció de la despesa energètica, així com la implantació d'un seguit de mesures com la millora de l'aïllament tèrmic dels edificis per tal de minimitzar les pèrdues tèrmiques, és primordial per reduir el consum. En el sector domèstic/residencial es calcula que un 20% de l'electricitat s'utilitza per escalfar-se en els mesos hivernals.

En el sector industrial, l'automatització i monitorització de sistemes per tal de portar un control més estricte i acurat, podent així implementar millores en els processos, és una de les possibles solucions de gestió energètica. La renovació d'equips per altres de més eficients també ajudaria a reduir el consum energètic, donant-li un ús més eficient a l'energia consumida.

Amb totes aquestes mesures, el consum elèctric total podria veure's reduït en una gran part sense que les comoditats i els serveis es veiessin afectats.

Pel caràcter distribuït de les energies renovables, la connexió i distribució de l'energia té un grau de complexitat major que amb un model de generació centralitzat. Existeixen tres models principals d'aprofitament de les energies renovables. Cada un d'ells presenta una sèrie d'avantatges i inconvenients respecte el model actual i també diferents graus de complexitat.

A continuació s'explicaran les característiques tècniques d'aquests sistemes, sense tenir en compte la normativa que els regula, ja que aquesta és complexa i variable.

4.1.1. Connexió a xarxa

Aquest és el sistema més utilitzat ja que és el més senzill i econòmic. Els sistemes de generació està directament connectat a la xarxa de distribució elèctrica, podent així injectar els excedents d'electricitat generada. Aquest sistema s'utilitza quan la capacitat de producció no cobreix el 100% de la demanda i és necessari estar connectat a la xarxa de distribució per garantir el subministrament. Per altre banda, no es necessita sistemes d'emmagatzematge d'energia, fent aquest sistema més econòmic.

El model més utilitzat a tot el món és l'anomenat com balanç net on, gràcies a un comptador bidireccional que és capaç de comptar tant l'energia consumida com la injectada a la xarxa, es resta de la factura elèctrica aquella energia abocada a la ret. A Espanya aquest sistema no està regulat. Els excedents d'energia que s'injecten a la ret són retribuïts segons el preu de generació del mercat en aquell moment.

4.1.2. Xarxes intel·ligents

Conegut com *smart grids*, consisteix en la connexió dels diferents punts de generació que pugui haver en una comunitat i crear una xarxa pròpia de distribució. És un model complex que requereix una gran inversió en crear una xarxa pròpia dotada de sistemes de comunicació per la gestió de l'energia generada.

Els productors aboquen els excedents d'energia a la xarxa intel·ligent que serà consumida per altres usuaris que estiguin connectats a aquesta. Amb això s'evita la necessitat de connexió amb la xarxa de distribució convencional.

4.1.3. autoconsum

En els sistemes d'autoconsum tota l'energia generada ha de ser consumida, no pot ser injectada a cap xarxa de distribució, i si hi ha excedents de producció, s'ha d'implementar sistemes d'emmagatzematge o aquesta energia elèctrica es perdrà. Aquest sistema s'utilitza principalment en habitatges aïllats, lluny de les xarxes de distribució.

Per tal de gestionar els excedents energètics és necessari la instal·lació d'un sistema d'emmagatzematge energètic, principalment bateries elèctriques. Però aquest sistemes fan augmentar el pressupost de la instal·lació ja que són cars.

Per tal de no dependre de la variabilitat de la generació segons les condicions climàtiques, cal disposar d'un sistema d'emmagatzematge capaç de suportar el consum en moments de baixa producció. En instal·lacions de petita potència, el sistema d'emmagatzematge més utilitzat són les bateries, però per gestionar els excedents d'un model energètic totalment renovable són necessaris altres sistemes, ja que les bateries són sistemes cars i no tenen un rati d'emmagatzematge d'energia prou gran per suportar la capacitat d'emmagatzematge necessari d'un sistema elèctric a gran escala.

4.2. Sistemes d'emmagatzematge

L'altre pilar del model energètic renovable serà la disponibilitat d'un sistema d'emmagatzematge de grans dimensions i eficient. L'electricitat és una forma d'energia complicada d'emmagatzemar de forma directa, per això es transforma l'energia elèctrica en altres fonts d'energia, ja siguin químiques o físiques.

4.2.1. *bateries*

Les bateries són formes d'emmagatzematge en que, mitjançant reaccions químiques, l'energia elèctrica queda emmagatzemada. Són sistemes molt utilitzats per a petites instal·lacions tot i que el cost per unitat d'energia emmagatzemat és alt.

Hi ha una gran diversitat de tipus de bateries. Per sistemes fotovoltaics els més utilitzats són les bateries àcid-plom, níquel-cadmi, ferro-zinc i de liti.

Un inconvenient d'aquest sistema d'emmagatzematge és que tenen una vida útil que depèn del nombre de cicles de descàrrega, i en cada una d'elles, es limita la reversibilitat al 100%.

En els últims anys la investigació en sistemes d'emmagatzematge mitjançant bateries ha avançat molt, aconseguint millores en la capacitat d'energia capaç d'emmagatzemar i baixant els costos d'aquests sistemes.

Una alternativa als sistemes d'emmagatzematge mitjançant reaccions químiques és la transformació de l'energia elèctrica en canvis físics de la matèria.

4.2.2. *Hidrogen*

L'ús de l'hidrogen com a sistema d'emmagatzematge físic és una alternativa viable, rentable i neta amb expectatives de futur, aportant una solució al problema de l'emmagatzematge energètic que hi ha actualment.

Aprofitant els excedent de producció elèctrica mitjançant fonts d'energia renovable es podria generar aquest gas mitjançant reaccions químiques, com l'electròlisi a partir de l'aigua, i emmagatzemar-lo en tancs a pressió per utilitzar-lo quan sigui necessari mitjançant una pila de combustible com a electricitat o com a combustible, ja sigui per processos tèrmics o per al transport.

I és que, per les seves propietats físiques i químiques, l'hidrogen serà un important combustible sintètic del futur, ja que és renovable i abundant (l'element més abundant del planeta) i no contamina, l'únic producte residual de l'ús de l'hidrogen és aigua. Una altra de les característiques que el fa tan atractiu és que, des del punt de vista energètic, l'hidrogen és, de tots els combustibles, el que té la màxima relació energia-pes. Per altra banda, sent l'hidrogen el gas més lleuger en la taula periòdica, la seva relació energia-volum és la mínima.

4.2.3. *Aire comprimit*

En el sector industrial, l'aire comprimit és un vector energètic que, en alguns casos, té un pes destacable. L'emmagatzematge d'energia mitjançant aire comprimit és un procés senzill: els excedent de producció elèctrica a partir de fonts renovables es podrien utilitzar per comprimir aire que posteriorment podria ser utilitzat per processos industrial que ho requerissin, o es podrien tornar a

produir electricitat mitjançant un generador d'aire comprimit. I és que aquest sistema d'emmagatzematge ja s'utilitza a gran escala (CAES) en alguns parcs eòlics per aprofitar el sobrant d'energia quan la demanda està per sota de la producció.

4.2.4. hidràulica reversible

Una altre sistema d'emmagatzematge que ja s'utilitza en l'actualitat és mitjançant embassaments hidroelèctrics reversibles. Els excedents d'electricitat s'utilitzen per bombejar aigua als embassament superiors, transformant l'energia elèctrica en energia potencial, que podrà ser utilitzada posteriorment quan la demanda energètica ho demani.

Aquest sistema presenta la principal avantatge que el potencial d'energia emmagatzemada és molt gran ja que està directament relacionat amb la quantitat d'aigua que tingui l'embassament. Per altre banda, la construcció d'un embassament és un procés molt costos.

4.2.5. emmagatzematge tèrmic

Un altre sistema d'emmagatzematge físic que ja s'utilitza amb èxit és mitjançant fonts tèrmiques, ja siguin olis sintètics o sals foses. Aquests sistemes són altament utilitzats en els parcs de generació solar tèrmica, on els excedents tèrmics són emmagatzemats, podent-se utilitzar en altres moments com durant la nit.

El principal avantatge és que tenen un alt rendiment d'emmagatzematge, a més a més, el cost per energia emmagatzemada és baix i amb aquests sistemes pots disposar de l'energia en moment de màxima demanda. Per altre banda, són necessaris grans volums per poder emmagatzemar grans quantitats d'energia. També són necessaris aïllaments eficients i, en els models mitjançant sals foses, la instal·lació de sistemes de suport per mantenir aquestes sals en estat líquid.

4.3. Energia solar fotovoltaica

Centrant-nos en aquell recurs amb més potencial de generació distribuïda, l'energia solar es pot captar en qualsevol terrat d'una casa, sent molt útil per habitatges aïllats de la xarxa elèctrica. A més a més, l'impacte visual és molt menor que amb la instal·lació d'aerogeneradors i, al no tenir peces mòbils, l'impacte acústic és nul.

La instal·lació d'un sistema de generació fotovoltaica és molt simple, en el cas de injectar l'electricitat generada directament a la ret, només es necessiten els panells de captació, un sistema de control i un inversor per passar la tensió de corrent continua dels panells a corrent alterna de la xarxa. Si el sistema de generació està pensat per l'autoconsum, caldrà afegir un banc de bateries i un regulador per tal de gestionar la càrrega i descàrrega de les bateries.

Un punt fort de la generació distribuïda és que també afavoreix el capitalisme disruptiu, la redistribució de la riquesa i la lluita contra els oligopolis energètics. En un futur pròxim cada casa, oficina o fàbrica generarà la seva pròpia energia verda i compartiran entre elles els excedents, de la mateixa manera que ara creem i compartim informació per Internet.

A Alemanya un 34% de les energies renovables estan gestionades per cooperatives, apropant la generació sostenible als ciutadans i aconseguint un

benefici per a la comunitat. Aquí a Catalunya estan començant a agafar pes cooperatives energètiques d'energies renovables, com SomEnergia, que produeixen energia 100% renovable finançades amb aportacions voluntàries dels seus socis.

A molts països del món, es redacten lleis per tal de regular, gestionar i impulsar aquest sistema de generació alternativa i sostenible, invertint en total prop de 270 bilions anglosaxons (270.000 milions) de USD i creant 7.674 milers de llocs de treball a tot el món. Contràriament, a Espanya, un país amb molt bons recursos renovables, el poder que tenen els oligopolis energètics provoca que la normativa posi traves al desenvolupament d'aquestes tecnologies.

Tot i això, els municipis fan esforços per promoure l'eficiència energètica i les energies renovables. Un exemple és l'ajuntament de Rubí, on es centrarà el present projecte d'estudi sobre el potencial de generació distribuïda en diferents sectors, l'industrial i el domèstic.

CAPÍTOL 5:

RUBÍ

Rubí és un municipi de la comarca del Vallés Occidental, a la província de Barcelona, situat entre Terrassa i Sant Cugat del Vallés, a les coordenades GPS 41° 29' 49" N 2° 2' 5" E.



Figura 17. Plànol de situació de Rubí.

La ciutat de Rubí va viure un gran augment de població durant els últims anys de la dècada dels seixanta (va passar de 9.900 habitants l'any 1960 a 25.400 l'any 1970) i actualment hi viu una població d'aproximadament 74.000 habitants, on un 40,1% treballa en el sector del comerç al detall i la indústria. Aquest sector és una de les principals fonts d'ingressos al municipi però també és el que més pes té sobre el consum energètic total, amb un 54%.

Rubí forma part des de l'any 2008 de la iniciativa europea Pacte d'Alcaldes. Des d'aleshores, el municipi treballa activament per complir amb el compromís signat: incrementar un 20% l'ús d'energies renovables, augmentar un 20%

l'eficiència energètica i reduir un 20% les emissions de CO₂, tot això per abans de l'any 2020.

Seguint la màxima de que la transició cap a un nou model energètic comença amb un canvi de mode de viure, amb les petites accions que fa la ciutadania en el dia a dia i va ascendent fins als nivells municipal. L'ajuntament de Rubí és un clar exemple de municipi que aposta per l'eficiència i la transició energètica. I és que, per exemple, és el primer municipi de l'estat Espanyol en proveir a l'ajuntament d'energia elèctrica certificada 100% d'origen renovable, afavorint així la inversió en aquestes fonts d'energia i posicionant-se com a model a seguir per a altres municipis. També ha substituït una part de la seva flota de vehicles per altres de 100% elèctrics, reduint així les emissions de CO₂.

De fet, des de l'any 2011 desenvolupen un projecte estratègic anomenat Rubí Brilla que treballa per millorar l'eficiència energètica i l'ús d'energies renovables en tots els sectors de la ciutat: l'administració pública, la indústria, el comerç i el domèstic. A més, organitza accions de divulgació i conscienciació com els Congressos Nacionals Rubí Brilla per al canvi de model energètic. A continuació es llisten alguns exemples d'accions dutes a terme dins dels àmbits citats anteriorment.

1. Administració pública

- Contractació del subministrament elèctric d'origen 100% renovable
- Accions d'eficiència energètica en edificis i instal·lacions municipals
- Certificació energètica d'edificis municipals
- Monitoratge consums edificis municipals
- Projecte 50/50 a les escoles i centres esportius
- Fotolineres per recarrega de vehicles elèctrics
- Cursos de formació en eficiència energètica i optimització de factures als empleats públics

2. Indústria

- Reunions tècniques trimestrals amb empreses per compartir casos d'èxit
- Projecte Smart PAE de serveis energètics i de telecomunicacions
- Col·laboració amb l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC)

3. Comerç

- Acció "comerç sostenible" dins del projecte europeu REMIDA
- Tallers de formació en eficiència energètica i optimització de factures al petit comerç local

4. Domèstic

- Acció "Comunitat Rubí Brilla"
- Acció "Energia per tothom"

- Tallers de formació en eficiència energètica i optimització de factures a ciutadans

En aquest projecte en centrarem en els dos sectors que més potencial tenen de l'aprofitament de la generació distribuïda, com són el sector industrial i el domèstic.

Per estudiar aquest potencial, és important conèixer primer els paràmetres que s'utilitzaran per tal de poder fer els càlculs.

5.1. Consum elèctric

El consum elèctric és la quantitat d'energia elèctrica (electricitat) que es consumeix per tal de satisfer una necessitat, ja sigui il·luminació, calefacció o fer moure els motors elèctrics de la indústria, entre altres. Les unitats de mesura són en termes d'energia (kWh).

És important conèixer quin és el consum elèctric des diferents sectors per tal de saber quin serà el percentatge d'autoconsum que aconseguirem cobrir amb els diferents sistemes de generació distribuïda.

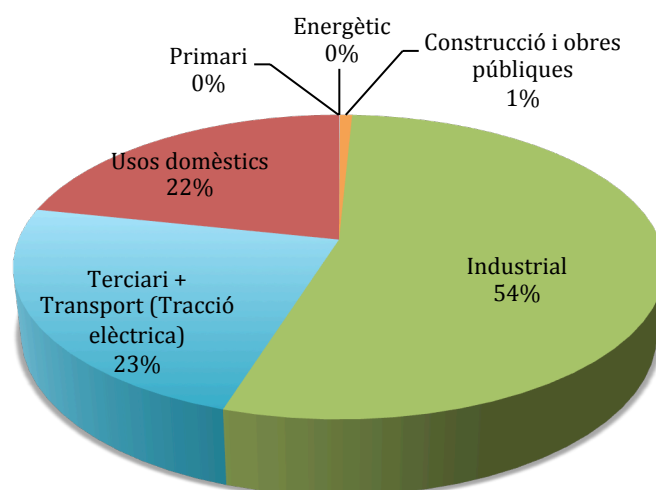


Figura 18. Consum elèctric per sectors de Rubí l'any 2013.

Taula 1. Dades consum elèctric per sectors de Rubí.

Sector	kWh
Primari	97.604
Energètic	40.122
Industrial	235.356.208
Construcció i obres públiques	3.186.684
Terciari + transport (VE)	98.167.286
Usos domèstics	93.160.382
TOTAL	430.008.286

El sector industrial de Rubí va representar el 54% del consum energètic total del municipi l'any 2013 (Figura 18). Per tant, és on cal (i s'està) treballar més per tal de reduir el consum i implementar mesures per arribar a l'objectiu de zero emissions. El sector industrial té un gran potencial de generació distribuïda

gràcies a que les naus industrials disposen de grans superfícies aprofitables en coberta i no acostumen a tenir grans zones ombrejades pels arbres.

El segons sector amb major consum és el sector terciari i de transport per tracció elèctrica. En aquest sector és difícil aplicar sistemes d'autoconsum degut a la falta d'espai per implementar-les. Una de les opcions més rentables i que ja s'ha posat en marxa per part de l'ajuntament és la instal·lació de les fotolineres (marquesines per a cotxes amb sistemes de generació elèctrica fotovoltaica) per tal de donar servei als vehicles de tracció elèctrica.

L'altre sector que té un pes important dins del consum elèctric del municipi és el sector domèstic. Aquest sector té potencial de generació distribuïda aprofitant els terrats en desús dels edificis comunitaris o a les teulades dels habitatges unifamiliars que hi ha als voltants de la ciutat i a les urbanitzacions que hi ha per la resta del municipi.

El perfil de consum dels diferents sectors, que és la quantitat d'energia elèctrica consumida per a cada hora del dia, presenta certes diferències entre ells. Per exemple, el sector industrial té un perfil bastant constant al llarg del dia ja que moltes empreses aprofitant les hores nocturnes per produir, que són en les que el preu de l'energia és més econòmic, mentre que el sector domèstic el consum a les nits es redueix molt ja que és quan gran part de la població està dormint. Per altra banda, el sector serveis redueix el consum a les nits però segueix tenint un gran pes ja que per exemple, els hospitals, equipaments informàtics o enllumenat públic es mantenen en funcionament. A la figura 14 podem veure una representació feta per REE d'aquest perfil de consum horari pels diferents sectors.

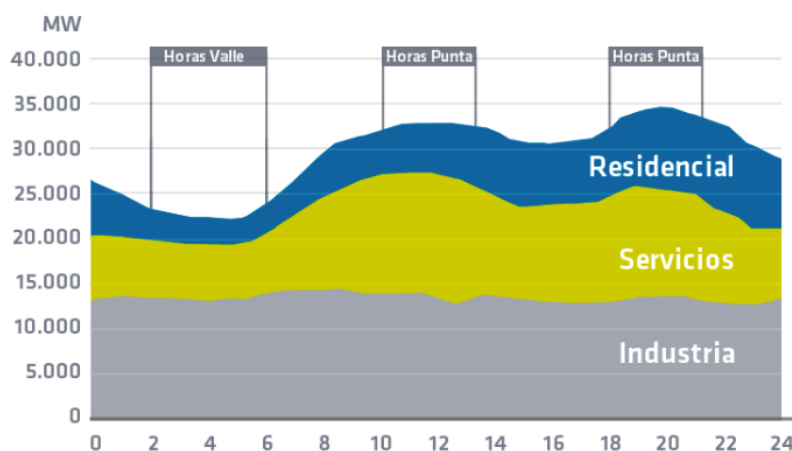


Figura 19. Perfil de consum de diferents sectors.

5.2. Radiació Solar

La quantitat d'energia procedent del Sol que incideix en una superfície horitzontal és el que es coneix com a radiació solar, i es mesura en termes d'energia per metre quadrat (kWh/m^2 o MJ/m^2). L'aprofitament de la radiació solar està marcat per dos característiques principals:

1. la baixa densitat energètica, ja que en un metre quadrat de la superfície terrestre horitzontal no incideixen més de 1000 W.

2. la variació temporal: la radiació incident varia en funció de les hores del dia i en cada mes de l'any. També varia per la zona geogràfica en la que ens trobem i en funció de les condicions meteorològiques tals com la presència de núvols, pols, contaminació, etc.

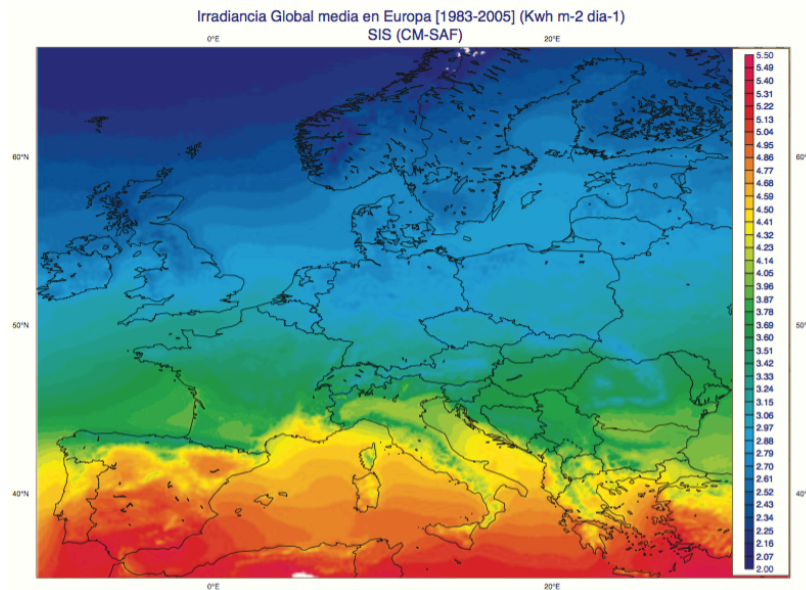


Figura 20. Radiació solar a Europa.

A la ciutat de Rubí incideix una radiació mitjana anual d'entre 15 i 15,5 MJ/m² al dia, és a dir, uns 4,2 kWh/m² per dia. Aquest valor és un valor mig de II sobre V dins l'escala que defineix les zones climàtiques dins l'estat espanyol en el codi tècnic de l'edificació a l'apartat HE4.

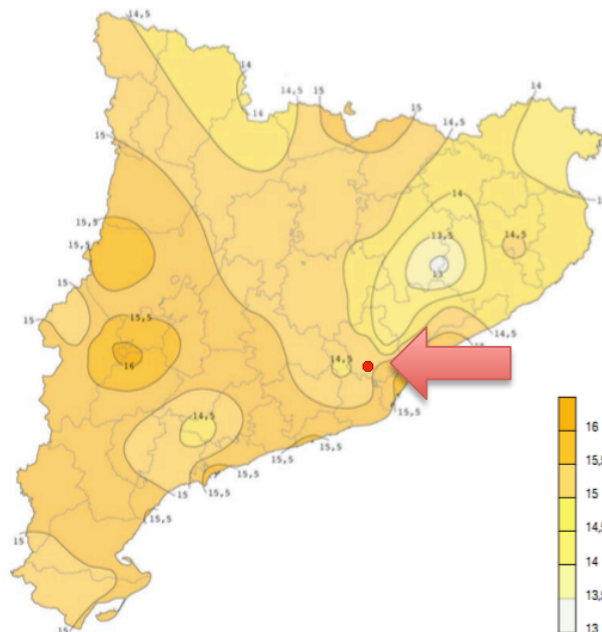


Figura 21. Atles de radiació de Catalunya.

Com ja s'ha comentat, la irradiació varia al llarg de l'any, sent els mesos d'estiu quan aquest valor és màxim, perquè és quan els rajos del Sol incideixen més perpendicularment sobre la superfície, i també és quan hi ha més hores de sol ja

que els dies són més llargs. La variació de la radiació incident en el pla horitzontal al llarg de l'any a la ubicació de Rubí és la que es mostra a la figura 22, segons la base de dades de la comissió europea de radiació PVGIS JRC.

Mes	Radiació horitzontal (Wh/m ² /dia)
Gener	2180
Febrer	3130
Març	4670
Abril	5450
Maig	6630
Juny	7420
Juliol	7370
Agost	6330
Setembre	4870
Octubre	3560
Novembre	2360
Desembre	1900
ANY	4660

Taula 2. Dades de la radiació al llarg de l'any a Rubí.

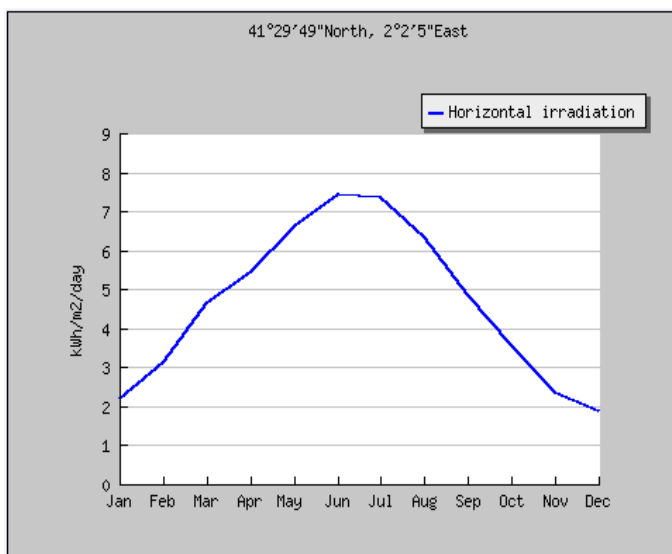


Figura 22. Representació de la radiació al llarg de l'any a Rubí.

5.3. Definició dels panells

Per tal de poder fer un correcte dimensionament del camp de captació, cal definir un model de panell fotovoltaic.

Un panell fotovoltaic és un mòdul format materials semiconductors que, mitjançant l'efecte fotovoltaic, generant electricitat. Aquest efecte va ser explicat pel físic alemany Albert Einstein de la següent manera:

<< Quan la llum solar incideix sobre un semiconductor, els fotons que la constitueixen cedeixen la seva energia als electrons de la capa de valència del semiconductor, trencant així l'enllaç que els manté units a l'àtom, creant d'aquesta manera un parell electró-buit. El moviment d'aquest parell en direccions contràries genera un corrent elèctric que pot ser aprofitat mitjançant un circuit extern>>.

Una sola cèl·lula només proporciona una diferència de potencial d'aproximadament 0,7 V i un corrent de no més de 2A, depenen del tipus de semiconductor utilitzat. Per poder obtenir potències utilitzables, s'uneixen un nombre concret de cèl·lules en connexió sèrie i en paral·lel.

Per tal de definir uns paràmetres estandarditzats que defineixin els panells, són testejats en els laboratoris en unes condicions normalitzades de radiació de 1.000 W/m² i 25 °C de temperatura. Sota aquestes condicions, es mesuren una sèrie de paràmetres com la potència nominal, l'eficiència, les condicions del punt de màxima potència, el voltatge en circuit obert i la corrent de curtcircuit, entre els més rellevants.

5.3.1. Potència nominal

Sota les condicions normalitzades, el panell produeix una certa potència nominal que es mesura en watts-pic (Wp), equivalent a l'energia que ens pot proporcionar el mòdul en un hora. Així doncs, un mòdul de 200 Wp produirà 200 Wh d'energia cada hora quan es trobi sota les condicions de 1.000 W/m² de radiació i a 25 °C de temperatura. La diferencia entre l'energia incident i l'energia que genera el panell és la eficiència del mòdul. Com és d'esperar, no sempre es produeixen aquestes condicions climàtiques. Per aquest motiu s'estudia el funcionament del mòdul en diferents circumstàncies.

5.3.2. Circuit obert

Quan està en aquestes condicions, els parells electró-buit no poden crear cap corrent ja que no hi ha connexió física, aleshores es van acumulant en els borns de connexió, creant una diferencia de potencial elèctric màxima, que és la que el panell és capaç de subministrar. Aquest valor de tensió es coneix com voltatge en circuit obert.

En condicions normals, el valor de la tensió subministrada pels mòduls fotovoltaics es trobarà entre 0 i el valor del voltatge en circuit obert.

5.3.3. Curtcircuit

La condició de curtcircuit es dona quan hi ha una connexió directe entre els borns del panell, sense cap resistència que impedeixi el pas dels electrons. En aquest cas, el camí més fàcil per a la recombinació electró-buit és a través del fil conductor, produint així la màxima corrent que el panell pot produir. Aquest valor de corrent es coneix com a corrent de curtcircuit.

En condicions normals, el valor del corrent generat pels mòduls fotovoltaics es trobarà entre 0 i el valor del corrent de curtcircuit.

Tant les condicions de circuit obert com de curtcircuit no es donaran a la pràctica, a no ser que es produeixi una incidència, però són d'importància per conèixer el funcionament dels generadors fotovoltaics.

5.3.4. Punt de màxima potència

Com ja se sap, la potència que produirà els mòduls sota unes condicions determinades serà el producte de la corrent per la tensió específiques per aquelles condicions. Existeix un punt en que aquest producte pren un valor màxim (Impp, Vmpp).

Aquest punt es veurà afectat per les condicions atmosfèriques. L'energia que serà capaç d'entregar el mòdul fotovoltaic dependrà en gran mesura de la energia incident procedent del Sol sobre la superfície de captació. Quan major sigui aquesta, major energia entregaran els generadors fotovoltaics. Per altre banda, la temperatura també afecta a la potència que és capaç de subministrar dels panells.

Al augmentar la temperatura, la banda prohibida dels semiconductors (banda entre la capa de valència i la banda de conducció) es redueix, permeten que el nombre d'electrons que puguin saltar aquesta banda sigui major. Per tant, al augmentar la temperatura també augmenta el corrent generat. Contràriament, la recombinació dels portadors fa que al augmentar la temperatura disminueixi la tensió en circuit obert.

5.3.5. Característiques del model seleccionat

En el mercat hi ha una gran varietat de panells fotovoltaics, de diferents tipologies, materials i tecnologies que ofereixen diferents característiques. Per aquest projecte seleccionarem un model estàndard de silici policristal·lí amb una eficiència del 15% (avui en dia els panells de tecnologies GaAs arriben a valors superiors al 30% d'eficiència) i una potència pic de 255 Wp.

El model seleccionat és el SLK60P6L de la companyia Siliken que presenta les característiques de la taula 3.

Taula 3. Característiques del model SLK60P6L.

Model	Potència (Wp)	Eficiència (%)	Vmp (V)	Imp (A)	Voc (V)	Isc (A)
SLK60P6L	255	15,7	29,8	8,56	37,1	9,02

Tanmateix, les corbes pròpies del model seleccionat de la variació del comportament davant dels canvis de radiació incident i temperatura són les que es mostren a la figura 24.

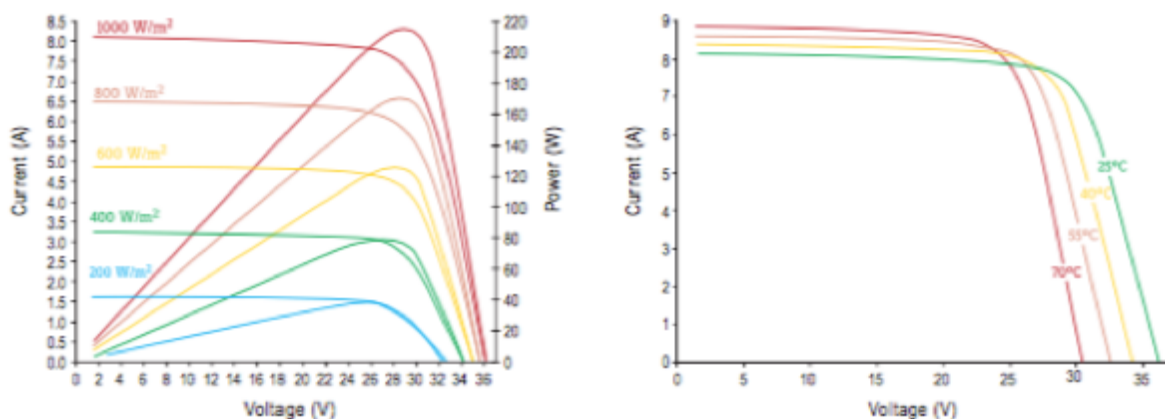


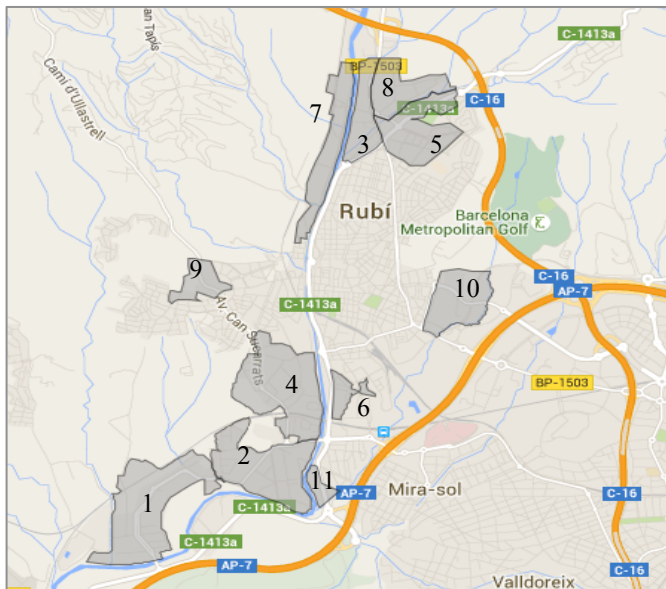
Figura 23. Corbes característiques del model SLK60P6L.

Les resta de característiques de disseny i tècniques del panell les podreu trobar a l'annex digital per a més informació.

CAPÍTOL 6:

SECTOR INDUSTRIAL

Degut a la seva bona localització logística, a l'eix de la B-30, entre la AP-7/B-30 i la C-16 en l'anomenat CiT (*Catalonia innovation Triangle*), la ciutat està rodejada per una onzena de polígons d'activitat econòmica (PAE) que ocupen una superfície de prop de 400 ha, que és l'11,5% del municipi i més del 50% de la ciutat (Figura 25).



1. Can Pi Vilaroc/ Rubí Sud
2. Can Jardí
3. Crta Terrassa
4. Cova Solera
5. Can Rosés
6. Ca n'Alzamora
7. La Llana-Can Serra
8. La Bastida
9. Can Genis
10. Can Sant Joan
11. Can Vallhonrat

Figura 24. *Plànol de situació dels polígons a Rubí.*

La majoria de PAE tenen un perfil industrial predominant de nivell tecnològic mitjà-baix i baix, tot i que en alguns d'ells es concentren empreses d'alt nivell tecnològic.

Pel que fa l'activitat econòmica dels PAE, tenen un elevat caràcter industrial amb un 46,4% de les empreses, per sobre de la mitjana dels PAE a Catalunya. Un 49,1% de les empreses són del sector de serveis i l'altre 4,5% és dediques al sector de la construcció.

En total, els PAE de Rubí engloben 632 empreses i donen ocupació a més de 15.500 persones. La taxa d'ocupació de les naus és de les més altes de Catalunya i supera més del 70%. La distribució de les empreses en cadascun dels PAE de Rubí és el següent:

Taula 4. Nom, n^o empreses i superfície dels PAE l'any 2014.

PAE	N ^o empreses	Superfície (Ha)
CiT 5D Can Rosés	123	43,6
CiT 5A Carretera Terrassa	26	22,8
CiT 5B La Llana-Can Serra	39	34,3
CiT 5C Molí de la Bastida	34	32,7
CiT 3A Can Sant Joan Oest	15	32,9
CiT 1D Rubí Sud	65	84,1
CiT 1F Cova Solera	165	80,0
CiT 1B Can Jardí	130	65,4
CiT 1A Can Vallhonrat	8	5,7
CiT 1G Sant Genís	4	22,2
CiT 1E Ca n'Alzamora	23	9,2
TOTALS	632	432,9

La instal·lació de sistemes fotovoltaics a les cobertes de les naus industrials permetrà reduir el cost energètic de les empreses, augmentar la seva competitivitat i dotar-les d'un valor de responsabilitat social i ambiental afegit. Al mateix temps, això farà augmentar el nivell tecnològic del sector industrial de Rubí.

6.1. Estudi del potencial

El primer pas per a la construcció d'instal·lacions fotovoltaïques en aquest sector és analitzar el potencial de producció per a cada PAE. Amb l'aplicació facilitada per l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC)^[5] realitzada per a l'estudi de l'eficiència tèrmica de les cobertes i del potencial de generació fotovoltaic, s'extreuen les dades de irradiació incident, l'àrea d'instal·lació, el nombre de panells, la potencia pic subministrada i l'energia generada de cada PAE.

Taula 5. Potencial instal·lació FV per PAE.

	Irradiació (kWh/any)	àrea instal·lada (m ²)	Nº panells	Potència (kW pic)	Generació (kWh/any)
Rubí Sud	214.789.088	114.682	67.460	17.202	20.737.755
Can Jardí	328.283.455	158.687	93.345	23.803	28.487.360
Crta Terrassa	175.346.067	80.995	47.644	12.149	13.374.363
Cova Solera	320.832.232	164.200	96.589	24.630	29.118.737
Can Roses	214.558.560	112.316	66.068	16.847	20.049.355
Can Alzamora	48.945.640	24.038	14.140	3.606	4.169.657
La Llana	162.362.092	86.590	50.935	12.988	15.475.327
La Bastida	128.174.798	68.568	40.334	10.285	12.388.482
Can Genis	68.415.017	36.715	21.597	5.507	6.546.291
Can Sant Joan	108.733.132	61.246	36.027	9.187	10.911.953
TOTAL		908.035	534.139	136.205	161.259.278

Amb aquestes dades podem treure dos conclusions: la potència pic que es podria subministrar amb la instal·lació del 100% dels panells seria de **136 MW pic**, i seria capaç de generar uns **161.260 MWh/any**, sent el parc fotovoltaic més gran d'Espanya.

Relacionant aquestes dades aconseguides amb les dades que disposem sobre consum i potència demandada dels PAE subministrada per l'ajuntament de Rubí, trobarem el percentatge que s'aconseguiria cobrir només amb generació fotovoltaica, tant de potència com d'energia. Pel que fa a l'energia, s'aconseguiria cobrir el 68,5% del consum elèctric total.

Taula 6. Percentatge coberta consum elèctric total.

Consum 2013 (kWh/any)	Producció FV (kWh/any)	% cobertura
235.356.208	161.259.279	68,52%

Tenint en compte que el factor d'emissions del mix espanyol l'any 2015 va ser de 0,300 kgCO₂/kWh, amb aquesta energia elèctrica generada mitjançant fonts d'energia fotovoltaica s'aconseguiria un estalvi en les emissions de diòxid de carboni de **48.378 tCO₂/any**.

Per altre banda, pel que fa a la potència, s'aconseguiria una cobertura del 93,3% de la potència demandada.

Taula 7. Percentatge coberta potència total.

kW 2013	kW pic FV	% cobertura
145.933	136.205	93,33%

Analitzant aquests resultats, les expectatives de generació fotovoltaica són bones, ja que per a un sistema d'instal·lació per l'autoconsum es recomana que la generació d'energia elèctrica no sigui superior al 80%, ja que així serà més fàcil la gestió dels excedents de producció en els mesos o moments puntuals del dia en els quals la generació superi el consum elèctric.

El primer pla d'actuació es centrarà en aquells PAE en que el rendiment de la instal·lació sigui màxim, per així obtenir el millor rendiment econòmic per poder autofinçar, en una part, les futures instal·lacions. Així doncs, profunditzarem a un estudi del potencial de cada PAE per separat, per així poder analitzar el resultats i definir quins seran els PAE on primer s'actuarà.

Seguint el procediment realitzat anteriorment per a l'extracció de dades de l'aplicació de l'ICGC i, amb les dades de potència demandada de cada PAE facilitats per l'ajuntament de Rubí, es pot definir el percentatge de potència cobert amb la instal·lació fotovoltaica.

Taula 8. Potència coberta per cada PAE.

Polígon	Potència demandada	% pot.	Potència (kW pic)	% kW pic
Rubí Sud	38.076,87	26,09%	17.202	45%
Can Jardí	26.227,52	17,97%	23.803	91%
Crta Terrassa	25.361,76	17,38%	12.149	48%
Cova Solera	18.230,20	12,49%	24.630	135%
Can Rosés	9.045,71	6,20%	16.847	186%
Can Alzamora	7.807,11	5,35%	3.606	46%
La Llana	7.655,21	5,25%	12.988	170%
La Bastida	5.158,95	3,54%	10.285	199%
Can Genis	4.902,94	3,36%	5.507	112%
Can Sant Joan	3.466,84	2,38%	9.187	265%
TOTAL	145.933,11		136.205	93,33%

En la taula 8 veiem que els quatre PAE en que s'aconsegueix una major oferta de potència són Can Sant Joan, La Bastida, Can Rosés i la Llana respectivament. Però aquell PAE amb més oferta de potència que té major pes representatiu dins del total de potència demandada és el de Can Rosés. Un altre bon candidat a ser el primer per on començar el pla d'actuació seria el PAE de Can Jardí, ja que és el segon amb més pes representatiu dins el total, amb un 18%, i la cobertura de la potència mitjançant FV arribaria fins a un valor no menyspreable del 91%.

Pel que fa al càlcul del balanç de la energia elèctrica, primer cal definir una aproximació del consum estimat anual. Aquests càlculs estan definits en l'apartat corresponent al final del present volum. Amb el valor del pes percentual de potència demandada de cada PAE respecte el total, es fa una distribució equitativa del consum d'energia elèctrica total del 2013 per a cada PAE. Posteriorment, definim el percentatge de cobertura solar teòric.

Taula 9. Energia coberta per cada PAE.

Polígon	% pot.	consum 2013 kWh/any	Generació kWh/any	% Solar
Rubí Sud	26,09%	61.409.147	20.737.755	33,77%
Can Jardí	17,97%	42.298.897	28.487.360	67,35%
Crta. Terrassa	17,38%	40.902.628	13.374.363	32,70%
Cova Solera	12,49%	29.401.078	29.118.737	99,04%
Can Rosés	6,20%	14.588.629	20.049.355	137,43%
Can Alzamora	5,35%	12.591.055	4.169.657	33,12%
La Llana	5,25%	12.346.076	15.475.327	125,35%
La Bastida	3,54%	8.320.188	12.388.482	148,90%
Can Genis	3,36%	7.907.303	6.546.291	82,79%
Can Sant Joan	2,38%	5.591.208	10.911.953	195,16%
TOTAL		235.356.208	161.259.279	68,52%

Observem que, en quant a consum elèctric, el protagonistes són els mateixos. Aquells PAE amb major cobertura són Can Sant Joan amb un 195%, La Bastida amb un 159, Can Rosés amb un 137% i la Llana amb un 125% de cobertura del consum respectivament, excedint en tots ells l'energia elèctrica consumida. Segons el sistema d'instal·lació, ja sigui per autoconsum, connectat a la xarxa de distribució o en un micro-ret intel·ligent, que la generació fotovoltaica excedeixi el consum pot ser un problema difícil de gestionar. Aquest tema es discutirà més endavant, a l'apartat d'alternatives de disseny.

Així doncs, els resultats obtinguts de cobertura fotovoltaica, ja sigui per potència com per energia elèctrica són els de la taula 10.

Taula 10. Resultats cobertura per cada PAE.

Polígon	% kW pic	% kWh/any
Rubí Sud	45%	33,77%
Can Jardí	91%	67,35%
Crta. Terrassa	48%	32,70%
Cova Solera	135%	99,04%
Can Rosés	186%	137,43%
Can Alzamora	46%	33,12%
La Llana	170%	125,35%
La Bastida	199%	148,90%
Can Genis	112%	82,79%
Can Sant Joan	265%	195,16%
TOTAL	93,33%	68,52%

Com es pot observar, el percentatge que es cobreix, tant de potència com de consum, varia molt en funció del pes que aquests tenen en el consum. És a dir, els que més consum tenen menys cobertura tenen, de forma general. Altres factors que afecten al percentatge de la cobertura són la superfície disponible per a la captació i el numero d'empreses del PAE.

Dins del projecte de Rubí Brilla s'emmarca la iniciativa del Smart PAE que té com a objectiu la millora dels serveis energètics elèctrics i de telecomunicacions que s'ofereixen a les companyies de la ciutat i convertir el polígon de la Llana en el primer Smart PAE. Dins d'aquest polígon ja s'han realitzat proves pilot en l'àmbit de les telecomunicacions i en millores de subministrament i qualitat de la senyal elèctrica. La Llana doncs, seria el banc de proves ideal per tal de començar el projecte de generació distribuïda mitjançant energia fotovoltaica, fent així un pas endavant per convertir la Llana en un Smart PAE capdavanter.

CAPÍTOL 7:

SECTOR DOMÈSTIC

El nombre total d'habitatges és de prop de 33.000 dels quals el 85%, 28.000 aproximadament, són primeres residències. Un terç dels habitatges són ocupats per 4 o més persones, el 24,2% per 3 persones, el 27,5% per 2 persones i el 15,4% per 1 sola persona (idescat 2001).

El consum energètic derivat del conjunt de llars de la ciutat ascendeix a un valor mig de 225.000.000 kWh/any (3.200 kWh/pers i any), que correspon a un 16% de l'energia total consumida a Rubí. Pel que fa a l'ús d'electricitat, aquest sector té un consum mig anual de 93.160.000 kWh/any corresponent a un 22% del consum elèctric total consumit al municipi. El consum elèctric representa el 41,4% del consum energètic global del sector residencial i la resta es deu principalment a l'ús del gas natural tant per cuinar com per calefacció.

El consum elèctric equival a 1.250 kWh/pers i any que, en el conjunt d'habitatges del municipi, representa uns 3.321 kWh/habitatge i any, una mica per sobre del consum mitjà a l'estat espanyol que "*red eléctrica de España*" xifra en 3.272 kWh/habitatge i any.

Una característica diferenciadora del perfil de consum del sector domèstic és que aquest varia d'una forma important en funció de l'estació de l'any en la que ens trobem. En els mesos hivernals, el consum és superior degut a la calefacció i a l'augment de la necessitat d'il·luminació per culpa de la disminució de les hores de sol diàries. En els mesos d'estiu, el consum torna a pujar principalment degut a la climatització. Per altre banda, el consum en els mesos d'entretemps de primavera i tardor, el consum és inferior a la resta de l'any. Tenint això en compte, es distribueix un consum aproximat per a cada mes respecte el consum d'energia elèctrica total de l'any 2013.

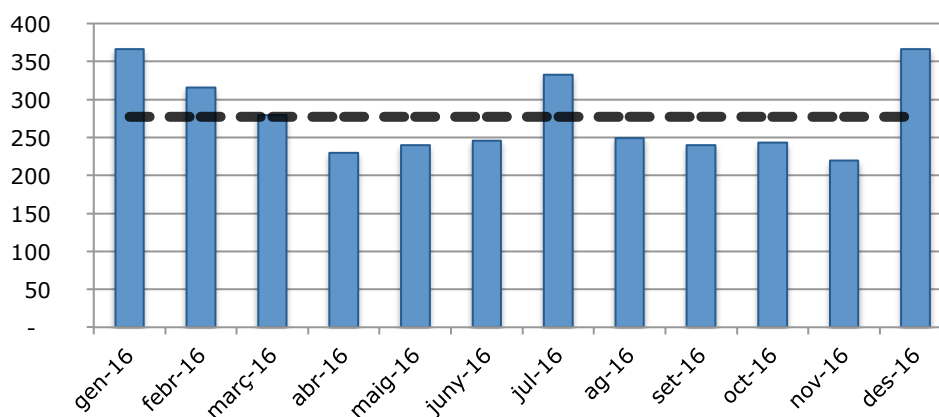


Figura 25. Perfil de consum d'una llar mitja de Rubí.

El procediment per determinar quin és el potencial de generació distribuïda en el sector domèstic serà diferent que en el sector industrial, ja que no disposem de dades de superfície de captació disponible. En aquests cas, es calcularà quina hauria de ser l'àrea del camp de captació per tal de satisfer el 100% del consum elèctric d'aquest sector. Per fer això, primer de tot necessitarem saber quina serà la radiació incident en la regió d'estudi, en aquest cas en el municipi de Rubí. Per aconseguir aquestes dades farem us de la base de dades de radiació solar de la unió europea PVGIS. Amb aquestes dades obtindrem la irradiació en el pla horitzontal d'un dia mitjà de cada mes ($\text{Wh/m}^2/\text{dia}$), la irradiació d'un dia mitjà de cada mes en el pla òptim d'inclinació al llarg de l'any ($\text{Wh/m}^2/\text{dia}$), la irradiació d'un dia mitjà de cada mes en el pla d'inclinació escollit (40°) ($\text{Wh/m}^2/\text{dia}$) i l'angle d'inclinació òptim per a cada mes ($^\circ$).

Taula 11. Radiació incident per cada mes a Rubí.

Month	Hh	Hopt	H(40)	Iopt
Jan	2180	4040	4100	65
Feb	3130	4980	5030	58
Mar	4670	6080	6100	45
Apr	5450	5960	5930	29
May	6630	6400	6320	16
Jun	7420	6750	6650	8
Jul	7370	6890	6790	12
Aug	6330	6590	6540	24
Sep	4870	5940	5940	39
Oct	3560	5160	5200	53
Nov	2360	4130	4190	63
Dec	1900	3740	3800	67
Year	4660	5560	5550	38

Considerant que el camp de captació serà un sistema connectat a la xarxa, s'escull una inclinació dels panells de 40° , una aproximació de l'angle òptim al

llarg de l'any, per així aconseguir la major producció elèctrica. Per altre banda, si la instal·lació fos un sistema d'autoconsum, els panells estarien amb uns graus d'inclinació majors ja que ens interessaria aconseguir major producció en els mesos més desfavorables, els mesos d'hivern, quan el Sol està més baix.

Aquest valor de radiació per la inclinació escollida s'ha de multiplicar per un factor corrector K que representa el quocient entre la energia total incident en un dia sobre una superfície orientada cap a l'equador i inclinada una determinat angle respecte una horitzontal. Aquests valors del factor K estan tabulats per a cada latitud i inclinació dels panells. Com que la ubicació de Rubí té una latitud de $41^{\circ} 29'$ i els panells estaran a una inclinació de 40° , la taula del factor corrector és la que es mostra a continuació.

Taula 12. Factor K per latitud 41° i inclinació 40° .

Mes	gen	feb	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	oct	nov	des
K	1,4	1,3	1,18	1,05	0,96	0,93	0,96	1,06	1,22	1,4	1,52	1,5

Un cop definit aquest coeficient, ja podem calcular quina serà l'energia de la radiació solar incident sobre la superfície dels captadors solars utilitzant la següent equació.

$$E = 0,94 \cdot H(40) \cdot K \text{ (kWh/m}^2\text{/dia)} \quad (1)$$

La radiació es multiplica pel factor corrector i per 0,94, corresponent al coeficient estimat en un 6% d'energia solar no aprofitable en les primeres i últimes hores del dia, durant les quals la potència incident als captadors és insuficient per a que es pugui transformar aquesta radiació en energia elèctrica. Els resultats de l'energia incident per a un dia mig de cada mes de l'any són els següents.

Taula 13. Energia incident per a un dia mig de cada mes.

Mes	gen	feb	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	oct	nov	des
E	5,40	6,15	6,77	5,85	5,70	5,81	6,13	6,52	6,81	6,84	5,99	5,36

Com que la irradiància no es pas constant al llarg del dia s'utilitza una unitat de mesura anomenada hores solar pic (HSP) que es defineix com el temps en hores de una hipotètica irradiància solar constant de 1.000 W/m^2 . En una localitat concreta, és el nombre d'hores que hauria de tenir una irradiància de 1.000 W/m^2 per igualar l'energia diària incident realment en aquella localitat.



Figura 26. Representació del les hores solar pic.

Una manera de calcular aquest valor és mitjançant la radiació solar per la inclinació escollida. Utilitzant la equació 2 obtenim el resultats de la taula 14.

$$HSP = H(40) \cdot 3,6 \cdot 0,0239 \cdot 0,0116 \quad (2)$$

Taula 14. Hores Solar Pic (HSP) per a cada mes.

Mes	gen	feb	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	oct	nov	des
HSP	4,09	5,02	6,09	5,92	6,31	6,64	6,78	6,53	5,93	5,19	4,18	3,79

Ara ja podem procedir a calcular quina serà l'energia proporcionada pels mòduls fotovoltaics. Per fer aquest càlcul multiplicarem la potència dels panells que indica el datasheet, en aquest cas 255 Wpic, per les hores solar pic de la nostre localització i pel rendiment del panell, que representa un factor global de pèrdues que contempla variables com la brutícia dels mòduls, la opacitat del vidre, pèrdues per reflexió i pèrdues en les connexions elèctriques, entre altres factors.

$$E_{\text{mod}} = \eta_{\text{mod}} \cdot P_{\text{pic}} \cdot HSP \text{ (Wh/dia)} \quad (3)$$

Fent aquest càlculs per a cada mes, obtenim quina és l'energia proporcionada per un mòdul al llarg de l'any.

Taula 15. Energia proporcionada per cada mòdul FV.

Mes	gen	feb	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	oct	nov	des
E_{mod}	887	1088	1319	1282	1367	1438	1468	1414	1285	1124	906	822

Finalment, amb aquest valor i la demanda energètica d'un dia mig del mes calculat anteriorment, podem determinar quin seria el nombre ne panells necessaris per tal de subministrar tota la demanda en cada mes.

$$N = \frac{D}{E_{\text{mod}}} \quad (4)$$

Taula 16. Nombre de panells necessaris.

Mes	Nº panells
Jan	287.763
Feb	234.558
Mar	193.415
Apr	198.959
May	186.682
Jun	177.418
Jul	173.760
Aug	180.402
Sep	198.624
Oct	226.890
Nov	281.582
Dec	310.481

Com es pot observar, el nombre de panells necessaris per cobrir la demanda energètica de cada mes varia al llarg de l'any, essent major en els mesos hivernals, quan l'energia procedent del Sol és menor. Per altre banda, el nombre de panells necessaris per cobrir la demanda en els mesos d'estiu és menor que en la resta de l'any. Això es deu a que en els mesos d'estiu la energia incident és major.

Per definir el nombre total de panells que serien necessaris per cobrir gran part de la demanda energètica del sector domèstic del municipi de Rubí, seleccionarem el nombre mig de panells necessaris al llarg de l'any. Així doncs, el nombre de panells que formaran part del camp de captació serà de **220.878** captadors.

Amb el nombre de panells ja definit, calculem quina energia elèctrica seria capaç de generar la instal·lació així com quina potència pic obtindríem. Sabent això podem definir el percentatge d'autoconsum aconseguiríem al llarg de l'any.

Taula 17. Característiques de la instal·lació.

Nº panells	kW pic	kWh/any	% cobertura
220.878	56.323.890	96.831.001	103,9%

Tenint en compte que el model de captador fotovoltaic té una superfície de 1,624 m², el camp de captació ocuparia una àrea de 358.706 m², equivalent a un 1,11% de l'extensió del municipi i un 8,3% de la superfície de la ciutat.

Pel que fa a les emissions de diòxid de carboni, l'auto abastiment d'electricitat mitjançant energia solar fotovoltaica estalviaria una emissió de **29.049 kgCO₂/any**.

CAPÍTOL 8:

VALORACIÓ

ENCONÒMICA

Donat que el present projecte tenia com a objectiu estudiar la viabilitat tècnica del potencial de generació distribuïda mitjançant font d'energia renovable, l'estudi del cost econòmic de les possibles instal·lacions no s'ha calculat amb un gran nivell de detall. Tot i això, s'ha realitzat una valoració econòmica de quin seria el cost total de la instal·lació i el temps de retorn d'aquesta pels diferents sectors.

8.1. Sector industrial

Amb un cost de 350€ per panell i suposant un increment del preu de l'energia del 6 per cent anual, un 2 per cent anual d'interessos del capital i una degradació del rendiment dels panells de 1 per cent a l'any, el cost d'inversió per a cada polígon d'activitat econòmica de la ciutat de Rubí és el de la taula 18.

Taula 18. Cost inversió sector industrial.

Polígon	Cost inversió (€)
Rubí Sud	45.872.800
Can Jardí	63.474.600
Crta Terrassa	32.397.920
Cova Solera	65.679.840
Can Roses	44.926.240
Can Alzamora	9.615.200
La Llana	34.635.800
La Bastida	27.427.120
Can Genis	14.685.960
Can Sant Joan	24.498.360
TOTAL	363.213.840

Amb la venda de l'energia produïda a un preu de 0,17€/kWh s'aconseguiria un retorn econòmic de més de 27 M€ a l'any, amortitzant totes les instal·lacions en aproximadament 10 anys.

Taula 19. Retor previst i temps d'amortització de la inversió.

Polígon	Retorn previst (€/any)	Temps amortització (anys)
Rubí Sud	3.515.050	9,7
Can Jardí	4.828.608	9,85
Crta Terrassa	2.266.955	10,75
Cova Solera	4.935.626	9,9
Can Roses	3.398.365	9,95
Can Alzamora	706.757	10,1
La Llana	2.623.068	9,8
La Bastida	2.099.848	9,7
Can Genis	1.109.596	9,9
Can Sant Joan	1.849.576	9,9
TOTAL	27.333.449	

Si el preu de venda de l'energia és menor, el retorn previst disminueix i el temps d'amortització s'allarga. Donat que la vida útil dels panells està estimada en 25 anys, no es recomana la instal·lació per a preus de venda de l'energia inferiors a 0,06 €/kWh ja que el temps de retorn superaria la vida útil d'aquests.



Figura 27. Temps d'amortització per a diferents preus de l'energia.

En aquesta simulació no s'ha tingut en compte cap retribució especial ni tampoc cap impost sancionador específic per a l'autoconsum que amb la normativa vigent si que s'aplicaria. Per aquest motiu, en el supòsit de que la instal·lació fotovoltaica es dugués a terme, s'hauria de fer un estudi més detallat de la valoració econòmica, del retorn previst i del temps d'amortització.

8.2. Sector domèstic

Seguint els mateixos supòsits que pel sector industrial, el sector domèstic tindria el cost d'inversió, el retorn previst i el temps d'amortització que es mostra a la taula 20.

Taula 20. *Estudi econòmic sector domèstic.*

Cost inversió (€)	Retorn previst (€/any)	temps amortització (anys)
150.197.040	16.461.270	9

S'ha de mencionar que el cost de l'energia en el sector domèstic és més elevat que en el sector industrial, per tant el retorn anual previst seria major i com a conseqüència el temps d'amortització seria lleugerament menor.

CAPÍTOL 9:

CONCLUSIONS

Amb la realització de la part acadèmica d'aquest estudi podem extreure la conclusió de que ens trobem al final d'un model energètic insostenible basat en els combustibles fòssils. Per tal de solucionar els problemes mediambientals i garantir el subministrament energètic de les generacions venidores, la transició cap a un nou model energètic basat en els recursos renovables s'ha de produir abans d'arribar a la meitat del segle XXI. Per això cal impulsar projectes de generació renovable de caràcter distribuït com el cas d'estudi d'aquest projecte.

Del estudi de la viabilitat tècnica del potencial de generació distribuïda en els sectors industrial i domèstic de la ciutat de Rubí, podem concloure que seria possible l'auto abastiment del 68,52% del consum energètic del sector industrial si es cobrís tota la superfície de captació disponible a la coberta de les naus. Pel que fa al sector domèstic, seria necessària una instal·lació de 358.706 m² per generar el 103,9% de l'energia consumida per aquest sector.

Aquestes instal·lacions tindrien un cost de 363,2 M€ en el sector industrial i 150,2 M€ en el sector domèstic. Tot i aquestes xifres tan elevades, el temps d'amortització de les instal·lacions d'ambdós sectors seria inferior a 10 anys, segons els criteris especificats en l'apartat de valoració econòmica.

A més a més, amb la instal·lació d'aquestes fonts d'energia renovable s'aconseguiria una reducció de les emissions de diòxid de carboni d'aproximadament 48.378 tCO₂/any en el sector industrial i de 29.049 tCO₂/any en el sector domèstic, ajudant així a la lluita contra el canvi climàtic.

Com a valoració final m'agradaria comentar que les energies renovables tenen suficient potencial com per abastir totes les necessitats energètiques actuals. Els interessos econòmics i polítics que generen els combustibles fòssils no hauria d'impedir l'avanç cap a un nou model energètic, ja que com més temps es tardi en fer la transició energètica, més car i perjudicial pel medi ambient serà.

CAPÍTOL 10:

BIBLIOGRAFIA

10.1. Referències bibliogràfiques

- [1] BP Statistical Review of World Energy. <http://www.bp.com/statisticalreview> (Accessed April 2016).
- [2] StatPlanet world bank app open data: <http://www.statsilk.com/maps/statplanet-world-bank-app-open-data/?y=1990-2015> (Accessed March 2016).
- [3] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2014. Fifth Assessment Report (AR5). <https://www.ipcc.ch/report/ar5/> (Accessed May 2016).
- [4] <http://www.ree.es/es/balance-diario/peninsula> (Accessed May 2016).
- [5] Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC). Estudi del potencial Solar. Instamaps. <http://bit.ly/1W9vjYP>, and <http://bit.ly/1AN7pSy> (Accessed February 2016).

10.2. Bibliografia de Consulta

Cenit del Petróleo. <http://www.cenit-del-petroleo.com> (accessed February 2016).

Diagnosi i recull de necessitats dels polígons d'activitat econòmica del Vallés Occidental. 2014. http://www.ccvoc.cat/fitxer/689/1a_part_diagnosi_paes.pdf (accessed May 2016)

Documento Básico HE Ahorro de Energia. Sección HE4.

Dossier Rubí Brilla. 2015. <https://www.rubi.cat/fitxers/documents-ok/area-de-planificacio-estrategica-promocio-economica-i-govern/rubi-brilla-documents/dossier-rubi-brilla.pdf> (accessed May 2016).

Heinberg, Richard. 2006. Se acabó la fiesta: Guerra y colapso económico en el umbral del fin de la era del petróleo. Benasque, Huesca: Barrabes Editorial.

International Energy Agency (IEA). 2015. World energy Outlook 2015. <http://www.worldenergyoutlook.org> (accessed May 2016).

Klain, Naomi. 2014. This changes everything : capitalism vs. the climate. London: Penguin.

Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

Open data Rubí. <https://opendata.rubi.cat> (accessed April 2016).

RD 900/2015, de 9 de Octubre, del autoconsumo.

- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21). 2015. Renewables 2015: Global status report. <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/> (accessed March 2015).
- Rifkin, Jeremy. 2011. La Tercera Revolución Industrial: Cómo el poder lateral está transformando la energía, la economía y el mundo. 1ª edición. PAIDÓS.
- Rubí. 2013. informe de seguiment del Pla d'Acció d'Energia Sostenible (PAES).
- Sans Rovira, Ramón. 2016. La darrera oportunitat: La transició energètica del segle XXI. Barcelona: Octaedro.

